ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1960

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE-GEORGES BARRILLON.

DÉCÈS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS.

M. le **Président** annonce la mort, survenue à Cambridge (Angleterre), le 2 septembre 1960, de M. **Frederick J. M. Stratton**, Correspondant pour la Section d'Astronomie. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

La notice nécrologique d'usage sera déposée en l'une des prochaines séances par M. **André Danjon**.

CORRESPONDANCE, OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire d'Ethnologie des Hommes actuels et des Hommes fossiles vacante au Muséum national d'Histoire naturelle.

(Renvoi aux Sections de Zoologie et de Médecine et Chirurgie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Inter-American Nuclear Energy Commission and Argentine National Atomic Energy Commission. *2nd Inter-American Symposium on the peaceful application of nuclear energy, Buenos Aires, 1959. Radioisotopes and radiation in the life sciences.*

2° Nations Unies. Conseil économique et social. Trentième session : *Étude sur les tendances principales de la recherche dans le domaine des sciences exactes et naturelles, la diffusion des connaissances scientifiques et leur application à des fins pacifiques.*

3° *Theory of Vorticity-Quantum in turbulent flow*, Part 1 and 2, by Takashi Murayama, in the Memoirs of the Defense Academy, Vol. 1, n° 5.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les caractéristiques des équations aux dérivées partielles linéaires.* Note de M. **Pavel Drăgilă**, transmise par M. Henri Villat.

1. Il est bien connu que les caractéristiques des équations aux dérivées partielles jouent un rôle important, principalement dans la démonstration de l'existence et de l'unicité des solutions satisfaisant certaines conditions, de même que dans les recherches des solutions élémentaires ou des distributions. La détermination effective des caractéristiques d'une équation aux dérivées partielles et même la recherche du nombre de ces caractéristiques semblent être des problèmes assez difficiles. Or, même dans le cas le plus simple des équations linéaires du second ordre, à deux variables indépendantes,

$$(1)\qquad A\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+2B\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y}+C\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+D\frac{\partial u}{\partial x}+E\frac{\partial u}{\partial y}+Fu=0,$$

qui furent étudiées depuis longtemps, ces questions ne sont pas encore éclaircies. Pour ces équations on trouve indiqués, dans tous les Mémoires et les Manuels, seulement les deux systèmes de caractéristiques définies par l'équation

$$A\,dy^2-2B\,dx\,dy+C\,dx^2=0.$$

Il faudrait conclure que ces caractéristiques sont de nature intrinsèque, c'est-à-dire qu'elles se conservent par les changements des variables indépendantes; mais nous allons voir qu'il n'en est pas toujours ainsi, et que, dans le cas des équations (1) de type hyperbolique, il y a au moins trois systèmes de caractéristiques réelles et distinctes.

2. Dans les calculs qui suivent nous désignons les deux variables indépendantes x, y, et nous adoptons les notations usuelles u_x, u_y, u_{xx}, u_{yy}, pour représenter les dérivées $\partial u/\partial x$, $\partial u/\partial y$, $\partial^2 u/\partial x^2$, $\partial^2 u/\partial x\,\partial y$, ...

Pour simplifier les démonstrations nous partons d'un système d'équations du premier ordre

$$(2)\qquad v_x=au_x+bu_y,\qquad v_y=cu_y.$$

Il est aisé de vérifier, par le calcul direct, que tous les systèmes hyperboliques et paraboliques peuvent être réduits, par un changement convenable des variables à la forme (2).

Posant ensuite la condition d'intégrabilité

$$(v_x)_y = (v_y)_x,$$

on obtient l'équation du deuxième ordre

$$(a-c)\,u_{xy} + bu_{yy} + a_y u_x + (b_y - c_x)\,u_y = 0,$$

pour laquelle un système de caractéristiques est donné par

$$dx = 0.$$

Cherchons maintenant s'il est possible de faire un changement des variables indépendantes

$$x = \varphi(s, t), \qquad y = \psi(s, t),$$

de telle manière que nous obtenions

(3) $$v_s = \lambda\, u_s, \qquad v_t = \mu\, u_t.$$

Compte tenu des relations (2) on aura

$$\frac{(au_x + bu_y)x_s + cu_y y_s}{u_x x_s + u_y y_s} = \lambda, \qquad \frac{(au_x + bu_y)x_t + cu_y y_t}{u_x x_t + u_y y_t} = \mu.$$

Il est facile de voir qu'on peut prendre

$$x_s = 0,$$

et alors il en résulte

$$v_s = cu_s.$$

Il reste encore à déterminer une nouvelle relation

(4) $$y_t = m x_t,$$

afin que soit satisfaite la deuxième équation (3). Tenant compte ensuite de la relation (4) elle-même on obtient

$$\frac{au_x + bu_y + cmu_y}{u_x + mu_y} = \mu,$$

d'où il ressort

$$\frac{a}{1} = \frac{b + cm}{m},$$

et finalement

$$m = \frac{b}{a - c}.$$

Cela est possible seulement dans le cas

$$a \neq c,$$

qui correspond aux systèmes hyperboliques.

Nous avons obtenu ainsi le nouveau système

$$v_s = cu_s, \qquad v_t = au_t,$$

et nous avons établi l'existence de trois systèmes de caractéristiques réelles et distinctes y, s, t, qui sont définis par les équations

$$dx = 0, \qquad dt = 0, \qquad ds = 0.$$

Exemple. — Considérons le système particulier

$$v_x = 2u_x + u_y, \qquad v_y = u_y,$$

dont les caractéristiques (d'une famille) sont

$$dx = 0.$$

Faisant le changement de variables

$$x = s, \qquad y = s + t,$$

nous trouvons le nouveau système

$$v_s = 2u_s, \qquad v_t = u_t,$$

dont les caractéristiques sont

$$dt = 0, \qquad ds = 0.$$

3. Dans le cas spécial

$$a = c,$$

qui correspond aux systèmes paraboliques, il y a un seul système de caractéristiques, qui restent inchangées par les changements de variables.

AÉROTHERMIQUE. — *Étude expérimentale d'une couche limite le long d'une plaque rugueuse.* Note de MM. **Edmond A. Brun** et **Hubert Plum**, transmise par Joseph Pérès.

1. Les plaques planes étudiées constituent les couvercles d'une boîte plate, rectangulaire, en bronze, de 110 cm de longueur, de 44 cm de largeur et de 2,3 cm de hauteur, précédée d'un bord d'attaque relativement court (12 cm de longueur). Quand la boîte est convenablement calée dans la veine d'expérience, l'écoulement potentiel ne comporte aucun gradient longitudinal notable de pression. La boîte, venue de fonderie, présente des nervures qui la compartimentent quand le couvercle est fixé. Un courant d'eau chaude circule dans les divers compartiments et dans le bord d'attaque; le réglage du débit d'eau dans chacun des compartiments permet de maintenir la température de la plaque aussi uniforme que possible; cette température est mesurée en 17 points à l'aide de soudures de thermocouples serties dans la paroi.

Les plaques rugueuses sont obtenues par photogravure; de ce fait, on peut avoir une rugosité « régulière », ayant telles caractéristiques qu'on désire. Les expériences ici décrites se rapportent à des rugosités de hauteur 0,55 mm et de pas 4,16 mm. Quand la vitesse dans la veine est de 40 m/s, la couche limite est déjà turbulente à une distance du bord d'attaque de l'ordre de 20 cm. Il est facile de voir que, dans ces conditions, l'écoulement est « semi-rugueux »; autrement dit, le coefficient de frottement dépend, sur toute la longueur de la plaque, à la fois du nombre de Reynolds local et de la rugosité relative.

Nous ne rapporterons ici que les résultats relatifs à l'exploration dynamique : ces résultats sont les mêmes que la plaque soit ou non chauffée, la température de la plaque n'ayant pas dépassé 60° C. Nous donnerons ultérieurement les résultats concernant l'exploration thermique qui confirment ceux déjà obtenus dans la même soufflerie [1], à savoir que le rapport du coefficient de transport d'enthalpie C_H au coefficient de transport de quantité de mouvement $C_f/2$, très voisin de l'unité dans le cas d'une plaque lisse, décroît quand la rugosité augmente.

2. On sait que, contrairement à ce qui se passe en régime laminaire, il n'existe pas, en régime turbulent, une loi universelle de la distribution des vitesses dans la couche limite de la forme

$$\frac{u}{u_\infty} = f\left(\frac{y}{\delta}\right). \qquad (1)$$

Puisque, en régime turbulent, la loi de distribution des vitesses n'est plus valable au voisinage immédiat de la plaque, il convient de mesurer la vitesse par rapport à l'écoulement potentiel et de considérer la valeur

négative $u - u_\infty$. Considérons alors, au point P, où la tension pariétale est τ_p, la grandeur u_f, dite vitesse de frottement, définie par l'expression

$$u_f = \sqrt{\frac{\tau_p}{\rho}} = u_\infty \sqrt{\frac{C_f}{2}}. \tag{2}$$

On sait depuis longtemps (Darcy, Bazin) que, dans une conduite lisse ou rugueuse, existe un profil de vitesses universel défini par

$$\frac{u - u_\infty}{u_f} = -f\left(\frac{y}{r}\right), \tag{3}$$

où r est le rayon de la conduite. Cette loi universelle a été étendue au cas de la plaque plane; elle s'écrit

$$\frac{u}{u_\infty} - 1 = -\sqrt{\frac{C_f}{2}} f\left(\frac{y}{\delta}\right). \tag{4}$$

Le bien-fondé d'une telle extension a été vérifié de nombreuses fois dans le cas de la plaque lisse, mais plus rarement dans le cas des plaques rugueuses et surtout semi-rugueuses; il a paru intéressant, à propos des études sur les plaques rugueuses chauffées, de rapporter les résultats obtenus au cours des très nombreuses explorations dynamiques effectuées.

3. En premier lieu, pour un grand nombre d'abscisses x, les courbes $u/u_\infty = f(y)$ ont été tracées, en prenant, pour origine arbitraire des y, le plan défini par une égale distance des sommets des aspérités et des points les plus bas des creux. Comme il a été déjà rappelé, ces courbes ne sont plus valables au voisinage de la plaque, où d'ailleurs la visée ne permet pas de repérer avec précision le plan de référence.

Pour réduire l'erreur d'origine, nous avons porté, sur un graphique, les valeurs $y_{0,9}$, pour lesquelles $u/u_\infty = 0{,}9$, en fonction de l'abscisse x et tracé la courbe continue qui contrôle le mieux les points expérimentaux. A partir de la courbe isovitesse $u_{0,9} = 0{,}9\, u_\infty$, il a été possible de retrouver approximativement l'origine des diverses courbes $u/u_\infty = f(y)$. Par planimétrie de ces courbes, on obtient l'épaisseur de quantité de mouvement δ_2 pour les diverses abscisses x, et le tracé de δ_2 en fonction de x permet d'obtenir

$$\frac{C_f}{2} = \frac{d\delta_2}{dx}, \qquad \text{avec} \quad \delta_2 = \int_0^\infty \left(1 - \frac{u}{u_\infty}\right)\frac{u}{u_\infty}\, dy \tag{5}$$

et, par suite, d'après (2), la vitesse de frottement u_f.

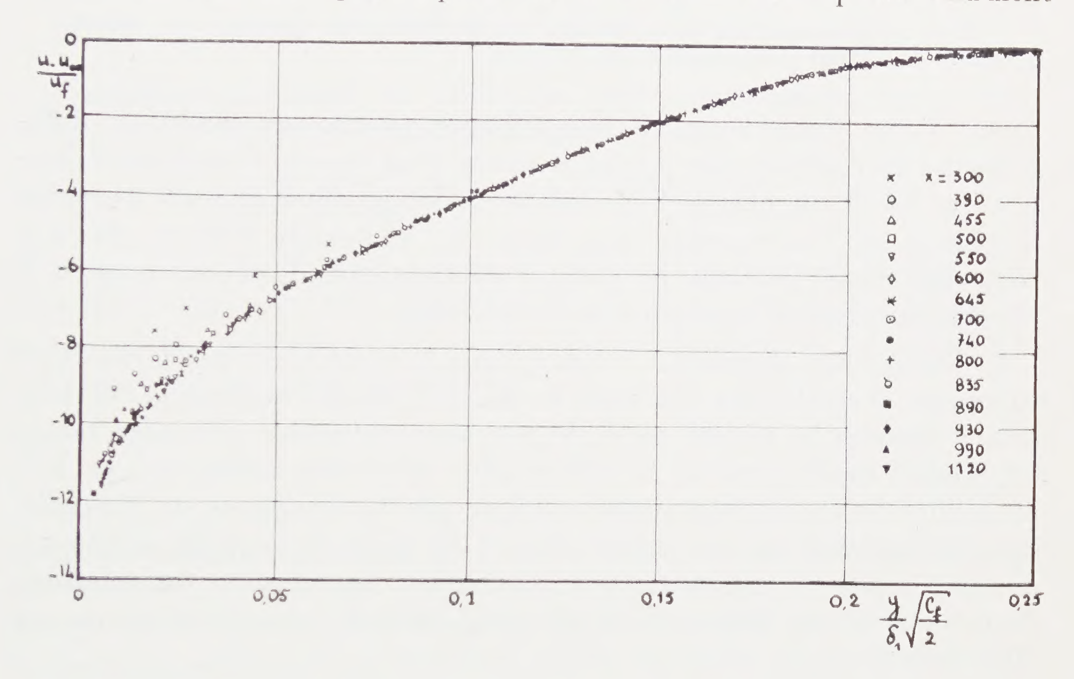
Il est alors possible de tracer, pour chaque point de la plaque, la courbe définie par la relation (4) et de vérifier si cette courbe est bien la même pour tous les points.

4. En fait, la difficulté de déterminer avec précision la valeur de δ fait qu'on préfère utiliser, dans la représentation de la loi des vitesses une

autre épaisseur de référence (²) :

(6) $$\delta_f = -\int_0^\infty \frac{u-u_\infty}{u_f}\,dy.$$

Sur le graphique de la figure, où les abscisses sont y/δ_f et les ordonnées $(u-u_\infty)/u_f$, se trouvent portées les ordonnées correspondant à 15 abscisses différentes. On voit que, à partir de $x = 50$ cm où le profil turbulent



paraît définitivement établi, tous ces points se trouvent sur une même courbe. Il est naturel que l'imprécision soit plus grande quand on se rapproche davantage de la paroi.

La courbe unique obtenue est très voisine de celle obtenue par Clauser (*loc. cit.*). Les écarts ne deviennent notables qu'au voisinage de la paroi. La valeur donnée par la relation (6) du rapport

(7) $$\frac{\delta_f}{\delta} = -\int_0^\infty \frac{u-u_\infty}{u_f}\,d\left(\frac{y}{\delta}\right)$$

est ici de 3,9, alors que Clauser donne 3,6.

On peut dire que le profil des vitesses est sensiblement le même pour une plaque lisse et pour une plaque semi-rugueuse.

(¹) G. Brunello, *Publ. scient. et techn. Min. Air*, n° 332, 1957.

(²) F. H. Clauser, *J. A. S.*, février 1954, p. 91.

RELATIVITÉ GÉNÉRALE. — *Champs électromagnétiques constants en Relativité générale.* Note (*) de MM. **Robert Debever** et **Michel Cahen**, transmise par M. Frans van den Dungen.

Nous déterminons les espaces-temps de la Relativité générale sur lesquels existe un champ électromagnétique constant.

Soit V_4 un espace-temps de la gravitation soumis aux conditions différentielles de Lichnerowicz [1]. En présence d'un champ électromagnétique il existe sur V_4 un champ A de 2-plans de composantes $a_{\lambda\mu}$; $\star$A désignera le champ de composantes $\star a_{\lambda\mu}$ ($\star a_{\lambda\mu}$ est le tenseur adjoint de $a_{\lambda\mu}$). Nous appellerons *constants* les champs électromagnétiques pour lesquels A est parallèle dans la connexion de Levi Civita.

1. *Champs non singuliers.* — Les 2-plans A et $\star$A n'ont pas de direction commune. Il résulte des équations de Rainich que les tenseurs $a_{\lambda\mu}$ et $\star a_{\lambda\mu}$ sont à dérivée covariante nulle. V_4 est alors réductible : l'espace temps est produit topologique de deux espaces à deux dimensions $V_2^{(1)}$ et $V_2^{(2)}$. La nullité de la courbure scalaire exigée par les équations de Maxwell-Einstein entraîne que les espaces $V_2^{(1)}$ et $V_2^{(2)}$ sont à courbure constante. L'espace temps V_4 est conforme minkowskien. On retrouve les solutions de Bertotti [2] et Robinson [3]. De plus, dans le vide, l'espace est de Minkowski.

2. *Champs singuliers.* — Les deux plans A et $\star$A ont en commun une direction isotrope. Si $\vec{e}_\alpha$ ($\alpha = 1, 2, 3, 4$) désigne un repère orthonormé $\vec{e}_1 + \vec{e}_4$ un vecteur isotrope, et si les champs $(\vec{e}_1 + \vec{e}_4) \wedge \vec{e}_2$, $(\vec{e}_1 + \vec{e}_4) \wedge \vec{e}_3$ sont parallèles, la forme de connexion est telle que

$$\omega_{23} = 0, \qquad \omega_{12} = \omega_{24}, \qquad \omega_{31} = \omega_{43},$$

On peut toujours choisir des coordonnées locales [4] telles que

$$ds^2 = A^2(x^2, x^4)(dx^2)^2 + B^2(x^3, x^4)(dx^3)^2 + 2\,dx^4(L(x^4)\,dx^1 + C(x^\alpha)\,dx^4).$$

Le tenseur de Weyl est du type III de Petrov. L'espace temps V_4 sera du *type radiatif* de Lichnerowicz si et seulement si

$$C = x^1 f(x^4) + g(x^2, x^3, x^4). \tag{2.1}$$

Dans ce cas, grâce à un changement de variables, il est possible de faire $L = 1$, $f = 0$. On a alors $\omega_{14} = 0$.

Les espaces radiatifs envisagés ici sont des *espaces de l'électromagnétisme au sens de Wheeler* [5] s'il existe un champ singulier $F_{\alpha\beta}$ solution des équa-

tions de Maxwell-Einstein. Or, tout $F_{\alpha\beta}$ solution des équations d'Einstein est de la forme

$$F_{\alpha\beta} = (Q_1 + P_1)^{\frac{1}{2}} (a_{\alpha\beta} \cos\beta + \star a_{\alpha\beta} \sin\beta),$$

β désignant le paramètre de la rotation duale et :

$$P_1 = -\frac{B^{-3}}{2} \partial_3 B \, \partial_3 g + \frac{B^{-2}}{2} \partial^2_{33} g + \frac{B^{-1}}{2} \partial^2_{44} B.$$

$$Q_1 = -\frac{A^{-3}}{2} \partial_2 B \, \partial_2 g + \frac{A^{-2}}{2} \partial^2_{22} g + \frac{A^{-1}}{2} \partial^2_{44} A.$$

La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe dans cette famille $F_{\alpha\beta}(\beta)$ un champ maxwellien est

$$(2.2) \qquad \partial_3 \left(\frac{AB^{-1} \partial_3 (P_1 + Q_1)}{P_1 + Q_1} \right) + \partial_2 \left(\frac{BA^{-1} \partial_2 (P_1 + Q_1)}{P_1 + Q_1} \right) = 0.$$

Il existe alors sur V_4 une infinité de champs de Maxwell-Einstein $F_{\alpha\beta}$ dépendant d'une fonction arbitraire de x^4. Remarquons que la condition (2.2) est satisfaite si $(P_1 + Q_1)$ est une fonction de x^4 seulement.

L'espace est un *espace du vide* si :

$$(2.3) \qquad \Delta_2 C + \frac{\partial^2_{44} A}{A} + \frac{\partial^2_{44} B}{B} = 0,$$

Δ_2 désignant l'opérateur $g^{\alpha\beta} \nabla^2_{\alpha\beta}$ et C ne dépendant plus de x^1. A tout choix de fonctions A, B et à un système de conditions aux limites correspond une fonction C et donc un espace temps V_4. Sur chacun de ces espaces est définie une famille de deux formes singulières harmoniques. A ce type d'espaces appartiennent les solutions connues de Rosen-Bondi-Robinson [6] (coefficients de la métrique fonctions de x^4 seulement), les solutions de Hély et Pérès [7] $(A = B = 1)$.

Les *espaces radiatifs conformes minkowskiens* sont caractérisés par les deux conditions

$$(2.4) \qquad P_1 = Q_1, \qquad \partial^2_{23} C = 0.$$

Il résulte de la première que tout espace de ce type est un espace de Wheeler. On en déduit aussi que

$$C = C'(x^2, x^4) + C''(x^3, x^4),$$

$$\partial_3 \left(\frac{\partial_3 C''}{B} \right) = 2\, r(x^4)\, B - \partial^2_{44} B,$$

$$\partial_2 \left(\frac{\partial_2 C'}{A} \right) = 2\, r(x^4)\, A - \partial^2_{44} A,$$

$r(x^4)$ désignant une fonction arbitraire de x^4. En particulier, si l'on suppose que les coefficients du ds^2 ne dépendent que de x^4, on trouve la relation fonctionnelle entre A et B

$$\frac{A}{B} = C_1 e^{\int \frac{dx^4}{AB}} + C_2,$$

C_1 et C_2 étant deux constantes. Enfin si $A = B = 1$, on obtient l'expression des fonctions C' et C'' :

$$C' = r(x^4)(x^2)^2 + s(x^4)x^2 + t(x^4),$$
$$C'' = r(x^4)(x^3)^2 + u(x^4)x^3 + v(x^4).$$

(*) Séance du 22 août 1960.

(1) A. Lichnerowicz, *Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme*, Masson, Paris, 1955.

(2) R. Bertotti, *Phys. Rev.*, 116, 1959, p. 1331.

(3) I. Robinson, *Bull. Acad. Pol. Sc. math.*, 7, 1959, p. 351.

(4) A. G. Walker, *Quarterly J. Math.*, 1, 1950, p. 69 et 147.

(5) J. A. Wheeler et Ch. W. Misner, *Ann. Phys.*, 2, 1957, p. 525.

(6) H. Bondi, *Nature*, 179, 1957, p. 1072.

(7) J. Hély, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 1867; A. Pérès, *Phys. Rev.*, 118, 1960, p. 1110.

THÉORIE DES PLASMAS. — *Fuites — en régime permanent — d'un plasma à deux températures, confiné par un champ magnétostatique.* Note (*) de M. **Jean-Michel Dolique**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans deux Notes précédentes [1], [2], on a calculé — pour un régime permanent — les fuites dues à la diffusion des particules, perpendiculairement aux lignes de force magnétiques, dans une colonne de plasma confinée par un champ magnétostatique. Les températures électronique et ionique étaient supposées égales : $T_e = T_i = T$. On se propose de généraliser les résultats obtenus au cas $T_e \neq T_i$, le plus souvent rencontré expérimentalement.

L'expression du flux Φ de fuite était obtenue, en [1] et [2], par intégration de l'équation de Fokker-Planck, pour des lois de distribution des vitesses, électronique et ionique, maxwelliennes excentrées; moyennes $\vec{v}_e$ et $\vec{v}_i$, écarts-types

$$\sigma_e = \left(\frac{kT}{m_e}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad \sigma_i = \left(\frac{kT}{m_i}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Les coefficients de frottement dynamique moyens $\langle \vec{P}_e \rangle$, $\langle \vec{P}_i \rangle$ utilisés dans les équations de transport de la quantité de mouvement étaient ceux établis par K. M. Watson [3], pour des températures électronique et ionique égales.

Pour généraliser l'expression du flux Φ de [2], au cas $T_e \neq T_i$, on peut étendre à ce cas le calcul de $\langle \vec{P}_e \rangle$ et $\langle \vec{P}_i \rangle$ fait par Watson. Mais à titre de contrôle, nous avons utilisé la méthode générale de Rosenbluth-Mac Donald-Judd ([illegible]).

Celle-ci permet de calculer le vecteur frottement dynamique $\vec{P}_e$ et le tenseur diffusion $\vec{\vec{Q}}_e$ du deuxième membre de l'équation de Fokker-Planck, pour des fonctions de distribution électronique et ionique quelconques. Pour des distributions maxwelliennes excentrées ($T_i \neq T_e$), on trouve

$$\vec{P}_e(\vec{w}) = \Gamma \Big\{ [illegible] \left[\frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{[illegible]} - \frac{\sigma_e}{|\vec{w} - \vec{v}_e|} \operatorname{erf}\left(\frac{|\vec{w} - \vec{v}_e|}{\sqrt{2}\,\sigma_e}\right) \right]$$

$$+ \left(1 + \frac{m_e}{m_i}\right) n_i \, [illegible] \left[\frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{[illegible]} - \frac{\sigma_i}{|\vec{w} - \vec{v}_i|} \operatorname{erf}\left(\frac{|\vec{w} - \vec{v}_i|}{\sqrt{2}\,\sigma_i}\right) \right] \Big\},$$

$$\vec{\vec{Q}}_e(\vec{w}) = \Gamma \Big([illegible] \frac{n_e \sigma_e}{|\vec{w} - \vec{v}_e|} \Big\{ \left[\left(\frac{|\vec{w} - \vec{v}_e|^2}{\sigma_e^2} [illegible] \right) \operatorname{erf}\left(\frac{|\vec{w} - \vec{v}_e|}{\sqrt{2}\,\sigma_e}\right) + \frac{2\,|\vec{w} - \vec{v}_e|}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_e} e^{-\frac{|\vec{w} - \vec{v}_e|^2}{2\sigma_e^2}} \right] \vec{\vec{O}}$$

$$[illegible] \left[\left(3 - \frac{|\vec{w} - \vec{v}_e|^2}{\sigma_e^2} \right) \operatorname{erf}\left(\frac{|\vec{w} - \vec{v}_e|}{\sqrt{2}\,\sigma_e}\right) \right.$$

$$- \frac{6}{\sqrt{2\pi}} \frac{|\vec{w} - \vec{v}_e|}{\sigma_e} e^{-\frac{[\vec{w}-\vec{v}_e]^2}{2\sigma_e^2}} \Bigg] \times \frac{(\vec{w}-\vec{v}_e)\otimes(\vec{w}-\vec{v}_e)}{(\vec{w}-\vec{v}_e)^2} \Bigg\}$$

$$+ \frac{n_i - \sigma_i^2}{|\vec{w} - \vec{v}_i|^3} \Bigg\{ \Bigg[\left(\frac{[\vec{w} - \vec{v}_i]^2}{\sigma_i^2} - 1 \right) \operatorname{erf}\left(\frac{|\vec{w} - \vec{v}_i|}{\sqrt{2}\,\sigma_i} \right) + \frac{2\,|\vec{w} - \vec{v}_i|}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_i} e^{-\frac{[\vec{w}-\vec{v}_i]^2}{2\sigma_i^2}} \Bigg] \vec{\vec{\delta}}$$

$$+ \Bigg[\left(3 - \frac{[\vec{w} - \vec{v}_i]^2}{\sigma_i^2} \right) \operatorname{erf}\left(\frac{|\vec{w} - \vec{v}_i|}{\sqrt{2}\,\sigma_i} \right) - \frac{6}{\sqrt{2\pi}} \frac{|\vec{w} - \vec{v}_i|}{\sigma_i} e^{-\frac{[\vec{w}-\vec{v}_i]^2}{2\sigma_i^2}} \Bigg] \times \frac{(\vec{w}-\vec{v}_i)\otimes(\vec{w}-\vec{v}_i)}{(\vec{w}-\vec{v}_i)^2} \Bigg\} \Bigg\rangle$$

(et des expressions analogues pour les ions; erf, fonction d'erreur, $\vec{\vec{\delta}}$ tenseur de Kronecker, $\Gamma_{e,i} = e^4 \ln\Lambda/4\pi\varepsilon_0^2\, m_{e,i}^2$).

On passe de $\vec{P}_e$ à $\langle \vec{P}_e \rangle$ en moyennant sur la distribution de la vitesse électronique. On trouve, au premier ordre en v_e/σ_e et v_i/σ_i :

$$\langle \vec{P}_e \rangle = \frac{\sqrt{2}\, n_i \Gamma_e \left(1 + \frac{m_e}{m_i} \right)}{3\sqrt{\pi}\,(\sigma_e^2 + \sigma_i^2)^{\frac{3}{2}}} (\vec{v}_i - \vec{v}_e) \sim \frac{\sqrt{2}\, n_i \Gamma_e}{3\sqrt{\pi}\,(\sigma_e^2 + \sigma_i^2)^{\frac{3}{2}}} (\vec{v}_i - \vec{v}_e).$$

De même on a

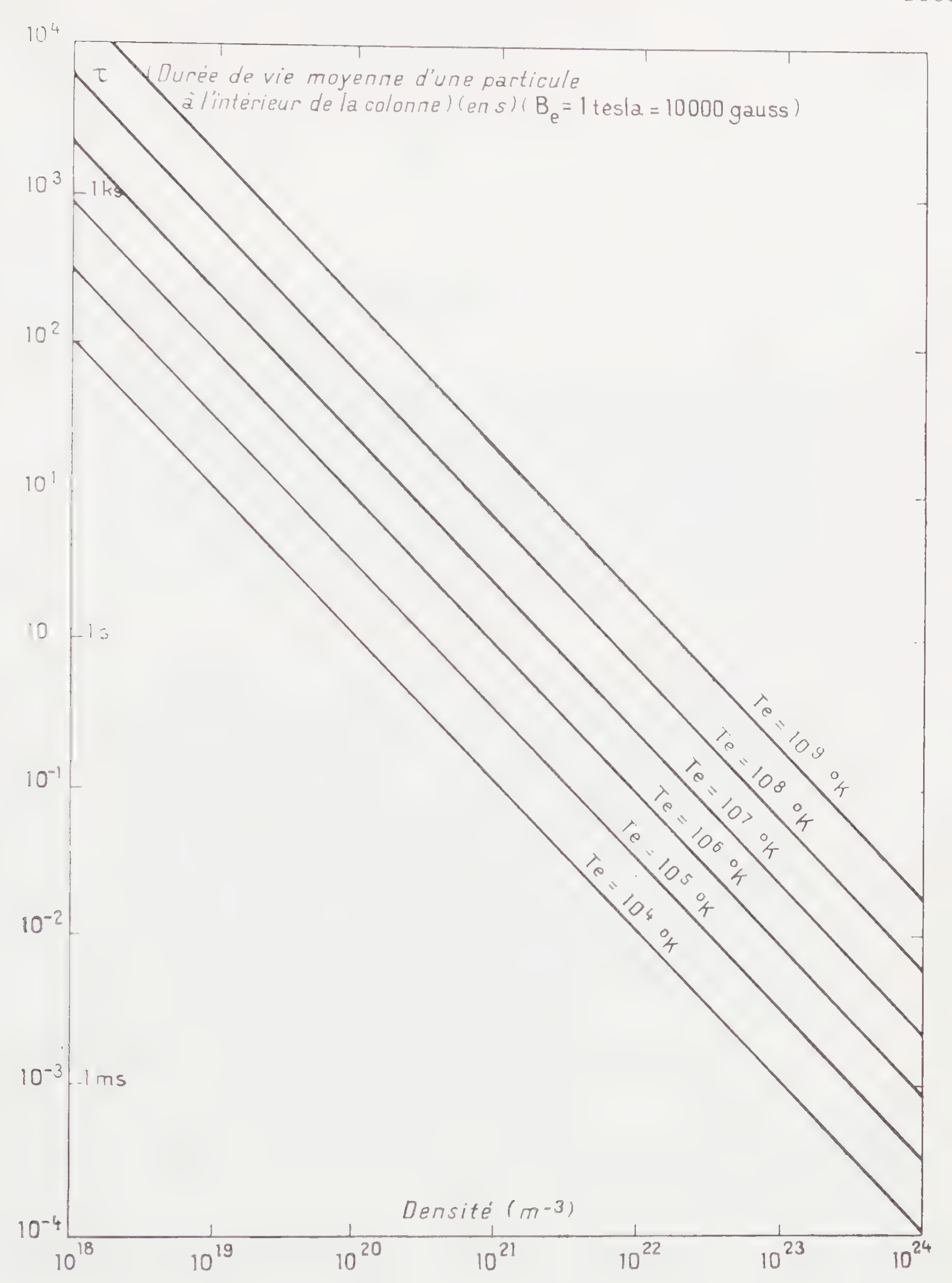
$$\langle \vec{P}_i \rangle = \frac{\sqrt{2}\, n_e \Gamma_i \left(1 + \frac{m_i}{m_e} \right)}{3\sqrt{\pi}\,(\sigma_i^2 + \sigma_e^2)^{\frac{3}{2}}} (\vec{v}_e - \vec{v}_i) \simeq \frac{\sqrt{2}\, n_e \Gamma_i m_i}{3\sqrt{\pi}\,(\sigma_e^2 + \sigma_i^2)^{\frac{3}{2}}\, m_e} (\vec{v}_e - \vec{v}_i).$$

Si l'on fait $T_e = T_i$, on retrouve les expressions données par Watson.

Des expressions ci-dessus de $\langle \vec{P}_e \rangle$ et $\langle \vec{P}_i \rangle$ (pour $T_e \neq T_i$), on déduit, en suivant la marche de [1] et [2],

$$\Phi = \frac{\sqrt{2}\, e^2 n^2 \left(1 + \frac{T_i}{T_e} \right) \left(\frac{1}{2} + \ln\Lambda \right)}{12\sqrt{\pi}\,\varepsilon_0^2\, \sigma_e B_e^2 \ln\frac{r_1}{r_0}} \qquad (n_i = n_e = n).$$

Le graphique ci-contre donne la variation de $\tau = \pi r_1^2\, n/\Phi$ (durée de vie moyenne d'une particule dans la colonne, dont le rayon est r_1) en fonction de la densité n et de la température électronique T_e (avec $T_i \ll T_e$), pour $r_0 = 1$ cm, $r_1 = 10$ cm, $B_e = 1$ tesla $= 10^4$ gauss.



(*) Séance du 17 août 1960.

(1) J.-M. DOLIQUE, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1221.

(2) J.-M. DOLIQUE et M. Y. BERNARD, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1458.

(3) K. M. WATSON, in *Series of lectures on physics of ionized gases*, T 701, Los Alamos scientific Laboratory, 1956.

(4) M. N. ROSENBLUTH, W. M. MAC DONALD et D. L. JUDD, *Phys. Rev.*, 107, n° 1, 1957, p. 1.

SPECTROSCOPIE D'ÉMISSION. — *Sur le comportement de l'acide azothydrique dans une onde de choc; donnée nouvelle sur le système $^3\Pi - {}^3\Sigma$ de NH.* Note de MM. **Henri Guenebaut, Guy Pannetier** et **Pierre Goudmand**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le passage d'une onde de choc dans l'acide azothydrique gazeux s'accompagne de la décomposition de la molécule et d'une luminescence très intense dont l'analyse spectroscopique a été effectuée. On y observe la séquence principale $v' - v'' = 0$ de NH ($^3\Pi - {}^3\Sigma$) dans laquelle on peut mettre en évidence une nouvelle transition de vibration (3,3) à 3 402 Å; le déplacement isotopique observé avec N_3D confirme ce résultat. Un fond continu est observé dans le domaine d'émission du radical NH_2.

Le passage d'une onde de choc dans un gaz provoque dès l'arrivée du front d'onde une compression adiabatique considérable susceptible d'élever presque instantanément — dans un délai de l'ordre de la microseconde — la température de ce gaz à plusieurs milliers de degrés. Il était intéressant d'appliquer à l'acide azothydrique des conditions d'excitation et de température de réaction aussi inhabituelles au laboratoire.

Pour ces investigations, nous avons utilisé un dispositif [1] constitué essentiellement (*fig.* 1 *a*) par un long tube cylindrique rigide de 5 cm de

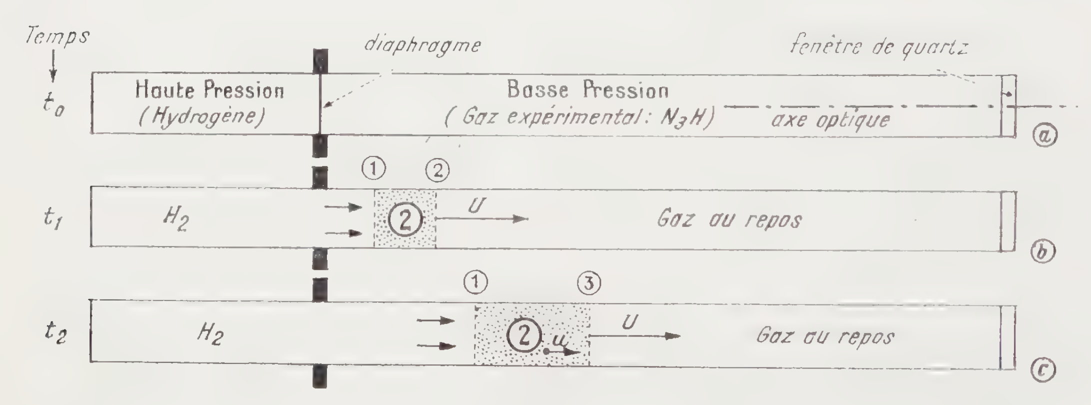


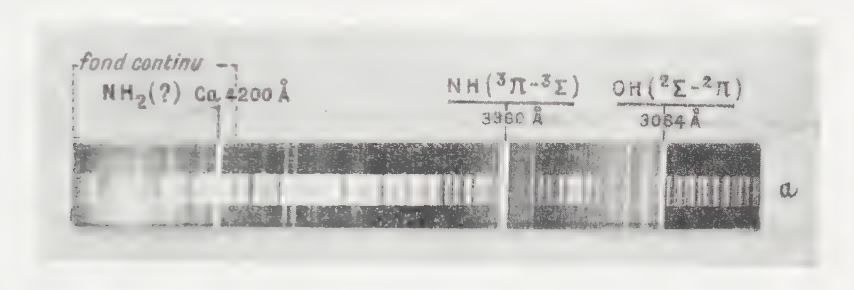
Fig. 1.

(1) Surface de séparation des gaz haute et basse pression : vitesse de propagation *u*.
(2) Onde de choc : état gazeux uniforme avec *p*, *t*, ρ élevés; vitesse des particules gazeuses *u*.
(3) Front de l'onde de choc : vitesse de propagation supersonique U.

diamètre; fermé à ses extrémités par deux faces planes, il est divisé par un mince diaphragme en une chambre haute pression de 80 cm de longueur remplie d'hydrogène sous plusieurs atmosphères et une chambre basse pression de 200 cm de longueur contenant sous quelques millimètres de mercure le gaz expérimental (ici N_3H). La rupture brutale du diaphragme sous l'influence de la haute pression s'accompagne d'une détente instantanée de l'hydrogène et de l'apparition d'un front d'onde de choc (*fig.* 1 *b*, *c*) se propageant à une vitesse supersonique vers l'extrémité opposée de la chambre basse pression; il s'y réfléchit en donnant lieu à une nouvelle

excitation du gaz expérimental déjà soumis à l'onde incidente, jusqu'à sa rencontre finale avec la surface de séparation des gaz où des perturbations prennent naissance.

Des tubes métalliques en acier inoxydable puis en cuivre pur ont tout d'abord été utilisés pour constituer la chambre basse pression, avec des diaphragmes en aluminium de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur et des rapports haute pression/basse pression voisine de 350. Les chocs ainsi obtenus étaient très lumineux mais donnaient lieu à l'excitation d'un assez grand nombre de raies spectrales parasites, caractéristiques



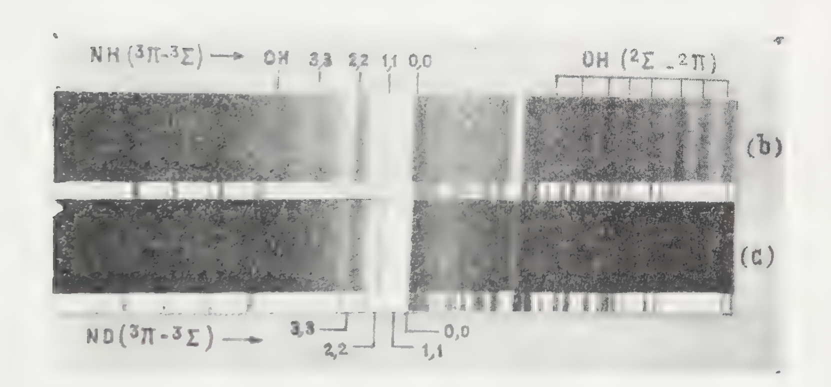


Fig. 2.

a. Spectre de dissociation de N_3H. Huit chocs. Plaque Kodak O — 0.

b. Détail. Transition $^3\Pi - ^3\Sigma$ de NH. Séquence $v' - v'' = 0$.

c. Id. pour ND.

des métaux utilisés Pour y remédier et pour faciliter l'examen des spectres, des chocs beaucoup plus faibles (rapport des pressions ~ 20) ont ensuite été réalisés dans un tube en pyrex, avec des diaphragmes en acétate de cellulose; les impuretés se limitaient alors à OH, CN, SiN, BO avec quelques raies du calcium.

Les observations spectroscopiques (spectrographe Hilger E.486, plaques Kodak O-0) ont été effectuées axialement (*fig.* 1 *a*) pour permettre l'enregistrement simultané de l'onde incidente et réfléchie à travers une plaque de quartz de 6 mm d'épaisseur. Les spectres représentés sur la figure 2 ont été obtenus avec le tube en pyrex, en superposant sur la même plaque le rayonnement de 5 à 8 chocs successifs dans 35 mm de N_3H (ou N_3D)

pur; ils présentent, vis-à-vis des émissions impliquées à N_3H, les mêmes caractéristiques que les spectres réalisés à partir de très fortes ondes de choc dans des tubes métalliques. Ces caractéristiques consistent principalement :

a. en une émission intense de la séquence principale $v' - v'' = 0$ du système triplet $^3\Pi - {}^3\Sigma$ de NH dont on observe à 3 360, 3 370,9 et 3 383,5 Å respectivement, les bandes bien connues 0,0, 1,1 et 2,2. A 3 402 Å apparaît en outre une nouvelle émission que nous avons attribuée à la bande de vibration 3,3 de la même séquence : elle présente en effet une structure rotationnelle normalement dégradée vers le rouge ([2]), ([3]) et sa longueur d'onde concorde d'une manière très satisfaisante avec la valeur de 3 400 Å qu'on peut prévoir pour cette bande (3,3) de NH à l'appui de la théorie et des données expérimentales antérieures ([4]); l'utilisation de l'acide azothydrique lourd N_3D (*fig.* 1 *b*) au lieu de N_3H, lui fait subir d'autre part un déplacement isotopique en accord avec les valeurs de la constante de déplacement isotopique ρ et des constantes de vibration ω_e et $\omega_e x_e$ de NH déterminées précédemment par deux d'entre nous et A. G. Gaydon ([4]), ([5]); elle se situe alors à 3 383 Å.

Toutes ces bandes de NH sont obtenues avec des structures rotationnelles très étendues qui confirment l'établissement de températures élevées dans l'onde de choc. En raison de la présence intense des bandes de OH et de certaines émissions parasites, il est difficile de juger de l'émission des bandes des séquences ± 1 de NH triplet; l'excitation du système singulet $^1\Pi - {}^1\Delta$ de NH à 3 240 Å en particulier, ne semble pas intervenir;

b. en l'apparition d'un fond continu à partir de 4 200 Å c'est-à-dire dans la région des bandes α de l'ammoniac, qui semble pouvoir faire penser à une participation du radical NH_2; il constituerait ainsi le premier exemple d'excitation d'un radical polyatomique dans une onde de choc.

Des enregistrements spectroscopiques ont également été effectués dans les conditions expérimentales précédentes avec l'hydrazine, l'ammoniac et le mélange ($N_2 + H_2$) plus ou moins dilués dans l'argon; elles feront l'objet de publications ultérieures en même temps que des recherches cinétiques actuellement en cours.

(1) E. L. Resler, S. C. Lin et A. Kantrowitz, *J. App. Phys.*, 23, 1952, p. 1390.
(2) G. W. Funke, *Z. Physik*, 96, 1935, p. 787; 101, 1935, p. 104.
(3) R. N. Dixon, *Canad. J. Phys.*, 37, 1959, p. 1170.
(4) H. Guenebaut, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1959, p. 962.
(5) G. Pannetier, H. Guenebaut et A. G. Gaydon, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 958.

SPECTROGRAPHIE HERTZIENNE. — *Étude d'un polarimètre à cavité unique pour la bande des 3 cm.* Note de MM. **Gaston Raoult** et **René Fanguin**, transmise par M. Louis Néel.

Le polarimètre est constitué par une cavité coaxiale avec un guide circulaire. Le couplage s'effectue par deux antennes à 90° l'une de l'autre, comme avec un polarimètre à pénombre. Un cristal détecteur nous donne directement une tension proportionnelle à la rotation.

Les mesures polarimétriques sont généralement effectuées à l'aide de deux volumes résonnants pourvus chacun d'un cristal détecteur (1). L'impossibilité physique d'obtenir l'identité parfaite des deux volumes résonnants et des deux cristaux conduit à certaines difficultés de réglages et de mesures. Nous avons donc été amenés à imaginer un système utilisant une seule cavité et un seul cristal.

Description de l'appareil. — Un guide circulaire de diamètre intérieur 21 mm et de diamètre extérieur 24 mm est parcouru par une onde TE_{11} de fréquence 9 000 MHz. Les rayons de la cavité coaxiale dont le guide forme l'âme centrale sont respectivement $r_1 = 12$ mm et $r_2 = 27$ mm. La cote r_2 a été choisie de manière à éviter l'apparition des modes du type TM dans le volume résonnant.

Un piston annulaire commandé par une vis extérieure de faible pas permet de réaliser l'accord de la cavité en faisant varier sa longueur. Les deux positions extrêmes du piston par rapport au fond de la cavité sont $l_1 = 28$ mm et $l_2 = 62$ mm.

Le couplage de la cavité au guide central s'effectue par deux antennes rectilignes à 90° l'une de l'autre et placées dans un plan de section droite du guide et à 4,5 mm du fond de la cavité. L'enfoncement de ces antennes peut être commandé de l'extérieur par deux vis micrométriques.

Il est à noter que le couplage par trous n'est pas à envisager car la répartition du champ magnétique à la périphérie du guide n'est pas celle du champ électrique qui suit une loi simple en $\cos\theta$. C'est sur cette loi que reposent tous nos calculs.

Un cristal détecteur est couplé à la cavité par une boucle située dans un demi-plan limité par l'axe du guide et la bissectrice OB de l'angle rentrant des antennes et ceci à une distance de 16 mm du fond de la cavité. La boucle se trouve en un maximum de champ magnétique pour le mode TEM à une longueur d'onde de 3,2 cm.

Principe de l'appareil. — L'étude théorique de la cavité montre que pour la bande 8 500-9 600 MHz, on peut avoir les modes suivants : TEM, TE_{11}, TE_{21}, TE_{31} et TE_{41}, ce dernier en bout de gamme seulement. Le mode TEM est celui que nous utiliserons, il n'a aucun recoupement avec les autres dans le domaine utilisé. Il est facilement repérable par une simple mesure de la position du piston lorsqu'on connaît la longueur d'onde à laquelle on travaille.

Soit E le vecteur électrique faisant un angle θ avec ox dirigé suivant A_1. L'antenne A_1 reçoit : E cos θ; l'antenne A_2 : E sin θ. Chacune induit pour son propre compte un mode TEM dans la cavité.

La superposition de ces deux modes TEM dont les vecteurs électriques et magnétiques sont colinéaires et dont les amplitudes sont proportionnelles à $E\cos\theta$ et à $E\sin\theta$, conduit à faire la somme $E\sin\theta + E\cos\theta$ à l'intérieur de la cavité.

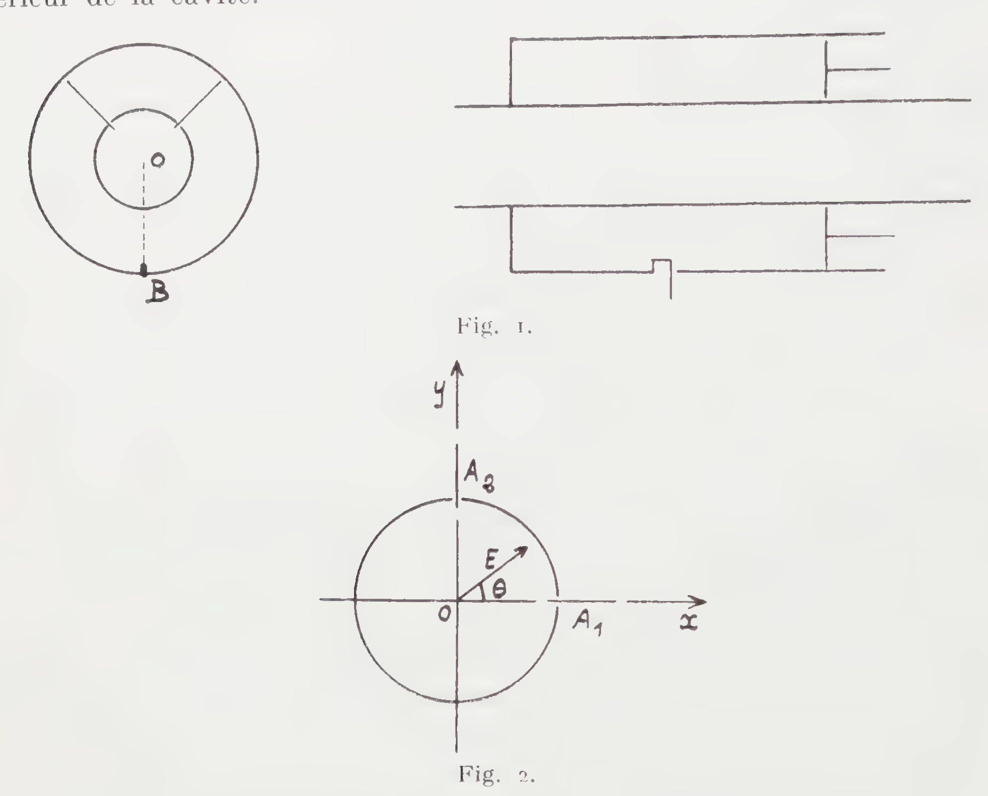


Fig. 1.

Fig. 2.

Le cristal détecteur donnera une tension proportionnelle au carré de l'amplitude, et si θ est petit

$$V = KE^2(1 + 2\theta).$$

Cette formule reste valable pour une vibration elliptique de faible ellipticité.

On voit que la tension détectée est proportionnelle à la rotation; un étalonnage de l'appareil en rotation est donc possible.

Résultats. — Les courbes obtenues par Gozzini [2] sur les composés du manganèse en polarisation rotatoire magnétique sont en bon accord avec celles obtenues par notre dispositif.

[1] *Onde électrique*, supplément spécial, Congrès International Circuits et Antennes, 38, n° 376 *bis*, 1957, p. 327.

[2] *Il Nuovo Cimento*, 7, n° 12, 1er décembre 1951.

(*Laboratoire de Radioélectricité, Faculté des Sciences, Clermont-Ferrand.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation de dérivés tétrasubstitués de l'acide pyrophosphorique.* Note de MM. **Jean Cheymol, Pierre Chabrier** et **Mohamed Sélim**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs décrivent une nouvelle méthode de préparation de dérivés tétrasubstitués de l'acide pyrophosphorique consistant à faire réagir un chlorure d'acide orthophosphorique disubstitué sur le sel de tétraméthylammonium d'un dérivé disubstitué de l'acide orthophosphorique.

Dans de récentes Notes [1], [2] nous avons décrit un procédé de préparation de dérivés trisubstitués de l'acide orthophosphorique entièrement asymétriques (I) A, B et R pouvant être indifféremment un reste alcoylique ou amidé. Ce procédé consiste essentiellement à remplacer un radical « méthyle » par un radical R à la suite des réactions suivantes :

$$\underset{\text{(II)}}{CH_3OP(O)(A)(B)} + (CH_3)_3N \rightarrow (CH_3)_4NOP(O)(A)(B) \xrightarrow{RX} \underset{\text{(I)}}{ROP(O)(A)(B)} + (CH_3)_4NX$$

La même réaction peut s'effectuer autant de fois qu'il existe de radicaux « méthyle » dans le dérivé trisubstitué (II).

Nous décrirons dans cette Note, la préparation de composés dans lesquels $RX = (A)(B)P(O)Cl$ c'est-à-dire les dérivés tétrasubstitués de l'acide pyrophosphorique (III) préparés suivant la réaction

$$(A)(B)P(O)ON(CH_3)_4 + ClP(O)(C)(D) \rightarrow \underset{\text{(III)}}{(A)(B)P(O)\text{—}O\text{—}P(O)(C)(D)} + (CH_3)_4NCl$$

dans laquelle A, B, C et D représentent soit un reste alcoylique, aralcoylique, arylique —OR ou amidé —NR′R″.

Cette nouvelle méthode de préparation des dérivés tétrasubstitués de l'acide pyrophosphorique peut s'effectuer à tous les stades en milieu anhydre et neutre à partir de composés purs; elle permet un large choix de la nature des radicaux A, B, C, D et conduit directement à des substances pures ou faciles à purifier.

1. *Préparation d'un sel de tétraméthylammonium d'un dérivé disubstitué de l'acide orthophosphorique.* — Dans de récentes Notes [1], [2] nous avons indiqué la préparation des composés de la forme (IV), (V) et (VI) :

$$\underset{\text{(IV)}}{(RO)(R'O)P(O)ON(CH_3)_4} \qquad \underset{\text{(V)}}{(RO)(R''R'N)P(O)ON(CH_3)_4} \qquad \underset{\text{(VI)}}{(R''R'N)(R''R'N)P(O)ON(CH_3)_4}$$

2. *Préparation du monochlorure d'un diester de l'acide orthophosphorique* (VII) *ou du monochlorure d'un phosphorodiamide* (VIII) :

$$\underset{\text{(VII)}}{ClP(=O)(OR)(OR')} \qquad \underset{\text{(VIII)}}{ClP(=O)(NRR')(NRR')}$$

Les préparations de telles substances sont connues; pour les composés (VII), elles consistent le plus souvent à faire réagir PCl_3 sur les alcools et à traiter le phosphite ainsi préparé par SO_2Cl_2, pour les composés (VIII), on fait réagir directement $POCl_3$ sur l'amine.

3. *Dérivés tétrasubstitués de l'acide pyrophosphorique.* — Ces composés s'obtiennent par action des sels (IV), (V) et (VI) sur les dérivés chlorés (VII) ou (VIII).

La réaction s'effectue le plus commodément en phase hétérogène dans un solvant neutre de préférence (benzène, éther, toluène, dioxane, etc.) à froid et en agitant énergiquement. La durée de la réaction varie avec la nature des composés engagés (le plus souvent quelques heures).

Le chlorure de tétraméthylammonium formé, insoluble, est éliminé par filtration, le pyrophosphate tétrasubstitué formé restant dans le milieu. On évapore le solvant utilisé et purifie le résidu par distillation sous vide, par recristallisation ou par toute autre technique appropriée.

Le tableau ci-dessous donne quelques constantes de dérivés tétrasubstitués de l'acide pyrophosphorique préparés selon cette méthode; il ne s'y trouve pas, pour l'instant de dérivés diamidés issus des composés (VI) ou (VIII) :

$$(A)(B)P(=O)-O-P(=O)(C)(D)$$

A.	B.	C.	D.	É (°/mm Hg).	Rdt (%).
$-OC_2H_5$	$-OC_2H_5$	$-OC_2H_5$	$-OC_2H_5$	110/0,03	65
$-OCH_3$	$-OCH_3$	$-OCH_3$	$-OCH_3$	105/0,05	57
$-OC_4H_9$	$-OC_4H_9$	$-OC_4H_9$	$-OC_4H_9$	115/0,01	56
$-OCH_3$	$-OCH_3$	$-OC_2H_5$	$-OC_2H_5$	110/0,1	55
$-OCH_3$	$-OCH_3$	$-OC_4H_9$	$-OC_4H_9$	115/0,05	50
$-OC_2H_5$	$-OC_2H_5$	$-OCH_3$	$-OCH_2-C\equiv CH$	110/0,01	60
»	»	»	$-N(CH_3)_2$	110/0,01	55
»	»	»	$-N(C_2H_5)_2$	112/0,01	50
»	»	»	$-N\langle\ \ \rangle O$	112/0,01	48
»	»	»	$-N\langle\ \ \rangle$	116/0,01	47
$-OCH_3$	$-OCH_3$	»	$-N(CH_3)_2$	115/0,1	38
»	»	»	$-N(C_2H_5)_2$	112/0,02	35
»	»	»	$-N\langle\ \ \rangle O$	110/0,03	40
»	»	»	$-N\langle\ \ \rangle$	115/0,05	40

Dans de prochaines publications nous indiquerons quelques propriétés nouvelles des dérivés tétrasubstitués de l'acide pyrophosphorique et de nouveaux exemples d'utilisation de la réactivité des sels de tétraméthylammonium de la forme

$$\begin{array}{l} A \\ \quad \rangle P\text{—}ON(CH_3)_4. \\ B \quad \| \\ \quad\;\; O \end{array}$$

(1) J. Cheymol, P. Chabrier, M. Sélim et P. Leduc, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 2573.

(2) J. Cheymol, P. Chabrier, M. Sélim et Thuong Nguyen Thanh, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 550.

(*Institut de Pharmacologie, Faculté de Médecine, Paris.*)

ALGOLOGIE. — *Sur la reproduction du* Gymnogongrus norvegicus (*Gunner*) *J. Agardh, en Méditerranée.* Note de M. **Georges Schotter**, présentée par M. Lucien Plantefol.

On pensait jusqu'ici que le *G. norvegicus* (Gunner) J. Agardh n'était représenté en Méditerranée que par les tétrasporophytes de l'espèce, et que, de ce fait, il devait s'y reproduire selon un cycle aberrant où n'intervenait ni fécondation ni méiose. En réalité ces plantes ne sont pas des tétrasporophytes; ce sont des gamétophytes monoïques, donnant naissance à des tétrasporophytes réduits dont les tétraspores reproduisent de nouveaux gamétophytes.

Il a été établi, à la suite des travaux de Yamanouchi, qu'il existe chez les Floridées une alternance de générations correspondant à un cycle complexe de reproduction. Ce cycle, pour employer la terminologie de J. Feldmann [1], est diplo-haplophasique et trigénétique. L'analyse d'un cycle normal de Floridée diplobionte montre en effet : 1° des gamétophytes libres et haploïdes; 2° des carposporophytes diploïdes se développant en parasites sur les gamétophytes après la fécondation, et donnant naissance à des carpospores; 3° des tétrasporophytes libres, diploïdes, nés des carpospores, et portant des spores méiotiques d'où naîtront les gamétophytes de départ.

Un tel cycle, bien que général chez les Floridées, peut se trouver modifié par suite de la suppression d'une des phases ou d'une des générations du cycle. C'est, entre autres, le cas des Phyllophoracées, où les anomalies sont si fréquentes qu'elles semblent y être devenues la règle.

Parmi ces anomalies, il en est une qui concerne le *Gymnogongrus norvegicus* (Gunner) J. Agardh et qui a plus particulièrement retenu notre attention. En effet, si dans la Manche cette Algue présente à la fois des tétrasporophytes et des gamétophytes porteurs de carposporophytes, elle ne présente plus en Méditerranée et en beaucoup d'autres régions, que des tétrasporophytes. En d'autres termes, alors que dans la Manche l'espèce paraît se reproduire suivant un cycle normal, en Méditerranée et ailleurs ce cycle se trouve réduit aux seuls tétrasporophytes. Dans ces conditions, il devient difficile d'expliquer le cycle aberrant de la plante méditerranéenne; pour y parvenir, il faut admettre comme on l'a fait jusqu'ici, qu'il n'intervient dans ce cycle ni gamie, ni méiose.

L'explication des faits nous a été donnée au cours de nos recherches sur les cycles de reproduction des *Gymnogongrus* méditerranéens. Les résultats que nous avons obtenus montrent que les *G. norvegicus* de la Méditerranée qui, du fait de la présence de némathécies, paraissent être des tétrasporophytes, sont en réalité des gamétophytes. En pratiquant des coupes de thalles, nous avons pu constater l'existence d'anthéridies et de procarpes dont le développement produit, *vraisemblablement après fécondation*, non pas un gonimoblaste et des carpospores, mais une néma-

thécie et des tétraspores. Autrement dit, les *G. norvegicus* de Méditerranée sont des gamétophytes qui donnent naissance à des tétrasporophytes réduits et parasites, qui remplacent les carposporophytes et dont les tétraspores haploïdes reproduisent directement de nouveaux gamétophytes. Nous retrouvons ainsi un cycle qui, bien que modifié, n'en est pas moins biologiquement normal, avec gamètes, fécondation et méiose.

Ces résultats sont d'autant plus intéressants qu'ils rejoignent, en les complétant, ceux obtenus par différents auteurs dans l'étude d'autres Phyllophoracées où seuls existent les tétrasporophytes : *Phyllophora Brodiæi* C. Ag. (Rosenvinge, 1929) [2], *Gymnogongrus Griffithsiæ* (Turn.) Mart. (Gregory, 1934) [3], *Gymnogongrus platyphyllus* Gardn. (Doubt, 1935) [4]. Mais il est alors permis de se demander, après de tels résultats, si les gamétophytes et les tétrasporophytes qu'on connaît aux *G. norvegicus* de la Manche, constituent une unique espèce. Étant donné l'analogie de structure des némathécies dans la Manche et la Méditerranée, il est très possible que la reproduction des tétrasporophytes de la Manche soit identique à celle des tétrasporophytes de la Méditerranée. Auquel cas nous aurions dans la Manche non plus une, mais deux espèces, très voisines morphologiquement et ne se distinguant guère que par la nature des spores (carpospores ou tétraspores) produites par l'individu parasite issu du zygote. Le cas ne serait pas sans précédent dans la famille où de tels couples d'espèces existent déjà : *Gymnogongrus pusillus* (Mont.) Feldm. et Mazoyer et *Gymnogongrus Griffithsiæ* (Turn.) Mart. en Méditerranée, *Gymnogongrus linearis* (Turn.) J. Ag. et *Gymnogongrus platyphyllus* Gardn. en Californie.

(1) J. FELDMANN, *Rev. Cyt. et Biol. Vég.*, 13, nos 1-2, 1952, 50 pages et figures.
(2) L. K. ROSENVINGE, *Dansk. Vidensk. Selsk., Biol. Meddelels.*, 8, no 4, 1929.
(3) B. D. GREGORY, *Linn. Soc. Bot.*, 49, 1934, p. 531-551.
(4) D. G. DOUBT, *Amer. J. Bot.*, 22, 1935, p. 294-310.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la gibbérelline sur l'allongement des filets staminaux chez les Graminées.* Note (*) de M. **Jean Schaeverbeke**, transmise par M. Roger Gautheret.

La gibbérelline favorise l'allongement des filets staminaux jeunes de Graminées, alors que les auxines semblent sans action. L'adjonction de sucres permet d'obtenir un allongement comparable à celui de l'anthèse, et se montre indispensable dans certains cas.

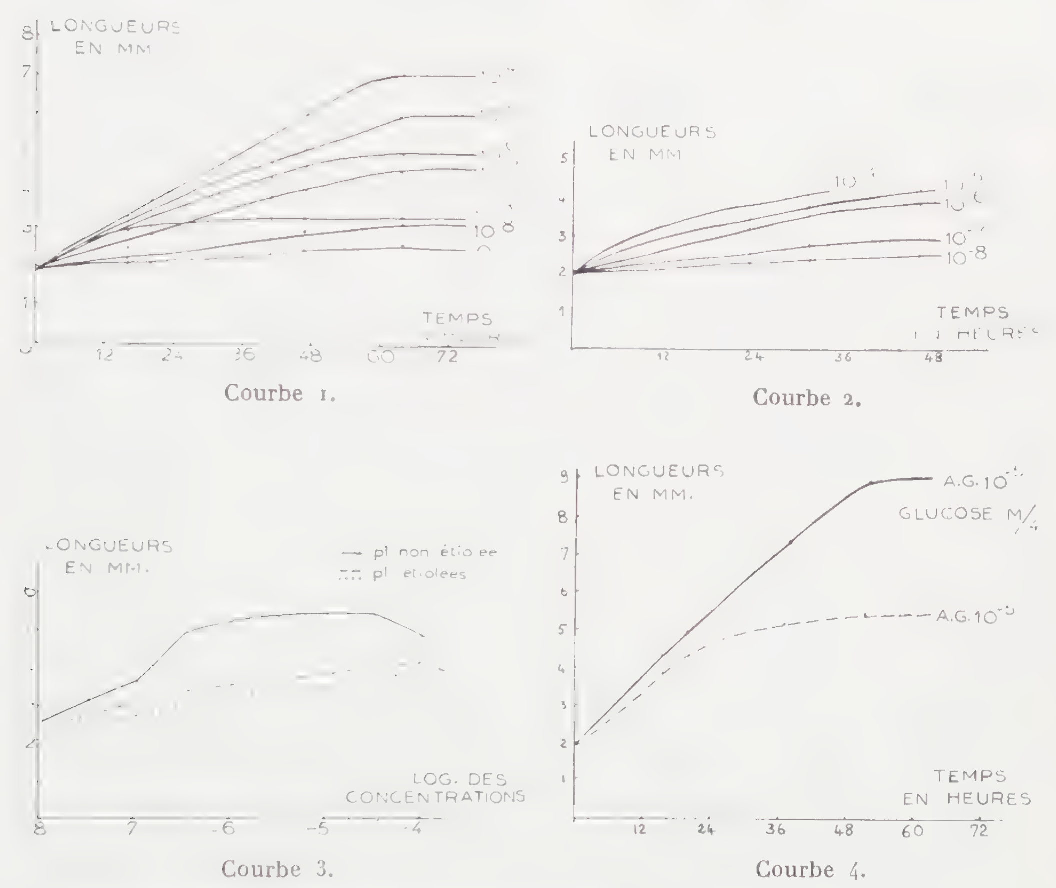
Dans une publication précédente, j'ai signalé certaines particularités physiologiques de l'allongement des filets staminaux de *Poa annua* L. ([1]). La présente Note apporte de nouveaux résultats obtenus, soit avec la même espèce, soit avec *Pennisetum typhoideum* L. Rich.

1. Les essais réalisés avec *P. annua* avaient fait ressortir l'intérêt, comme objet de recherches, des filets « jeunes », prélevés sur la fleur un certain temps avant l'anthèse. Les filets « mûrs » isolés juste au début de l'anthèse et placés en présence d'eau pure, s'allongent très rapidement comme dans la floraison normale. Les filets jeunes ne s'allongent pas en présence d'eau pure; cependant l'addition de saccharose détermine une croissance, plus lente que celle des filets « mûrs », mais qui atteint finalement une valeur presque comparable. J'avais noté, en outre, l'inactivité des substances de croissance classiques sur ce phénomène. *Penn. typhoideum* donne lieu à des observations analogues; en outre, il présente l'avantage, grâce à son inflorescence en épi et à sa protérogynie, de permettre une recherche plus facile des filets jeunes, prélevés à un stade uniforme. J'ai choisi celui de la maturité du pistil, qui précède de quelques jours l'anthèse (maturité du filet). Prélevés à ce stade, les filets ne s'allongent pas en présence d'eau pure.

2. Les substances de croissance telles que l'acide indole-β-acétique (A. I. A.), l'acide naphtalène-α-acétique, l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique, seules ou avec addition de sucres, se montrent inefficaces pour provoquer la croissance des filets jeunes chez *Penn. typhoideum* comme chez *P. annua* ([1]). Par contre, la gibbérelline (acide gibbérellique : A. G.) même utilisée seule (en solution dans l'eau à la surface de laquelle sont placés les filets), provoque un allongement notable des filets jeunes de *Penn. typhoideum*, les concentrations efficaces étant comprises entre 3.10^{-8} et 10^{-4} g/ml (aux doses plus élevées l'A. G. est toxique). Dans les conditions favorables et à la température de 20° C, l'allongement peut atteindre de 250 à 300 %, ce qui correspond à un accroissement légèrement inférieur au maximum normal (filets mûrs : 400 %; longueur finale : 9 mm environ).

3. Une certaine variabilité dans la sensibilité à l'A. G. paraît se manifester entre les échantillons utilisés au cours de ces expériences. Parfois,

l'action optimale a lieu dès la concentration de 3.10^{-7} g/ml et se maintient jusqu'à 3.10^{-5} g/ml : une solution de 10^{-4} g/ml semble déjà toxique; d'autres fois l'optimum n'est atteint qu'à la concentration de 10^{-4} g/ml (courbe 1). Un épi maintenu plusieurs jours à une lumière faible fournit des filets dont la réactivité paraît diminuer progressivement (courbes 2 et 3).



Courbe 1.

Courbe 2.

Courbe 3.

Courbe 4.

Action de la gibbérelline sur les filets staminaux jeunes de *Pennisetum typhoideum*. (Les concentrations sont exprimées en g/ml.)

Courbe 1 : les filets ont été prélevés sur une plante partiellement étiolée.
Courbe 2 : les filets ont été prélevés sur une plante très étiolée.
Courbe 3 : les filets ont été prélevés sur des plantes plus ou moins étiolées. Les mesures ont été faites après 24 h d'expérience.
Courbe 4 : action comparée de l'A. G. utilisé seul et en présence de glucose sur les filets provenant d'une plante partiellement étiolée.

Ces différences disparaissent lorsqu'on ajoute du glucose ou du saccharose à la solution d'A. G. (par exemple : A. G. 10^{-5}, glucose M/12 à M/2) : dans tous les cas les filets atteignent alors l'allongement maximal (courbe 4). Des solutions de mannitol d'égale molarité ne produisent aucune stimulation : les sucres paraissent donc agir par un effet trophique plutôt que par leur pouvoir osmotique. Les différences de sensibilité à l'A. G. seraient peut-être liées à des différences dans la teneur initiale en glucides des filets :

en lumière réduite l'étiolement accentuerait ces différences par diminution de la photosynthèse.

4. L'addition d'A. I. A. (10^{-8} ou 5.10^{-7} g/ml par exemple) aux solutions d'A. G. dans la gamme des concentrations efficaces, ne produit aucun effet synergique, contrairement à ce qui a été signalé pour d'autres matériels par divers auteurs ([2]), ([3]). De même, l'acide naphtoxyacétique ne détermine d'inhibition de l'A. G. qu'à des doses relativement élevées (10^{-4} g/ml), où ce produit agit sans doute par toxicité; l'action stimulante de l'A. G. paraît donc spécifique et non liée à une intervention d'A. I. A.

5. La croissance provoquée chez les filets jeunes de *Penn. typhoideum* par l'A. G. aboutit à un résultat final analogue à ce qu'on observe chez les filets mûrs : les cellules épidermiques s'étirent considérablement dans le sens longitudinal, sans se multiplier; les trachéides sont totalement disloquées en fin d'allongement. Mais la vitesse de croissance ainsi obtenue est nettement plus faible que celle de l'élongation normale des filets prêts à l'anthèse; ceux-ci, isolés de la fleur, atteignent leur longueur finale en 2 h au plus, alors qu'il faut 48 h aux filets jeunes en présence d'A. G. à 20° C pour parvenir à un résultat analogue. Même à la température de 30° C, favorable à l'allongement, la vitesse demeure encore relativement faible.

6. Des résultats complémentaires ont aussi été obtenus avec les filets jeunes de *P. annua*.

1° L'A. G. employé seul ne provoque qu'un faible allongement des filets quelle que soit la température;

2° En présence de sucres (glucose ou saccharose) l'A. G. déclenche après un temps de latence variable, un accroissement très rapide, rappelant celui qui caractérise l'anthèse normale;

3° Les exigences relatives à cet accroissement augmentent donc en raison inverse de l'âge des filets : à maturité, il leur suffit de l'eau pure; un peu plus jeunes, l'élongation nécessite l'emploi d'une solution sucrée; encore plus jeunes, l'adjonction d'A. G. aux sucres favorise nettement le phénomène.

En conclusion, la gibbérelline se montre capable de provoquer l'accroissement des filets jeunes, tandis que les autres substances de croissance demeurent sans action. Les conditions nécessaires à l'action de l'A. G. peuvent différer suivant les espèces : chez *Penn. typhoideum* l'A. G. peut suffire seul, mais l'adjonction concomitante de sucres favorise nettement cette croissance, surtout si les réserves internes ont été appauvries par un début d'étiolement. Chez *P. annua* l'adjonction de sucres constitue une exigence impérative.

(*) Séance du 17 août 1960.

([1]) *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 444.

([2]) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1715.

([3]) *Plant Physiol.*, 34, 1959, p. 16-22.

MICROBIOLOGIE DES SOLS. — *Sur le métabolisme du phénol dans les sols.* Note de MM. **Richard Moreau**, **Marcel Jacob** et **Jacques Augier**, présentée par M. Philibert Guinier.

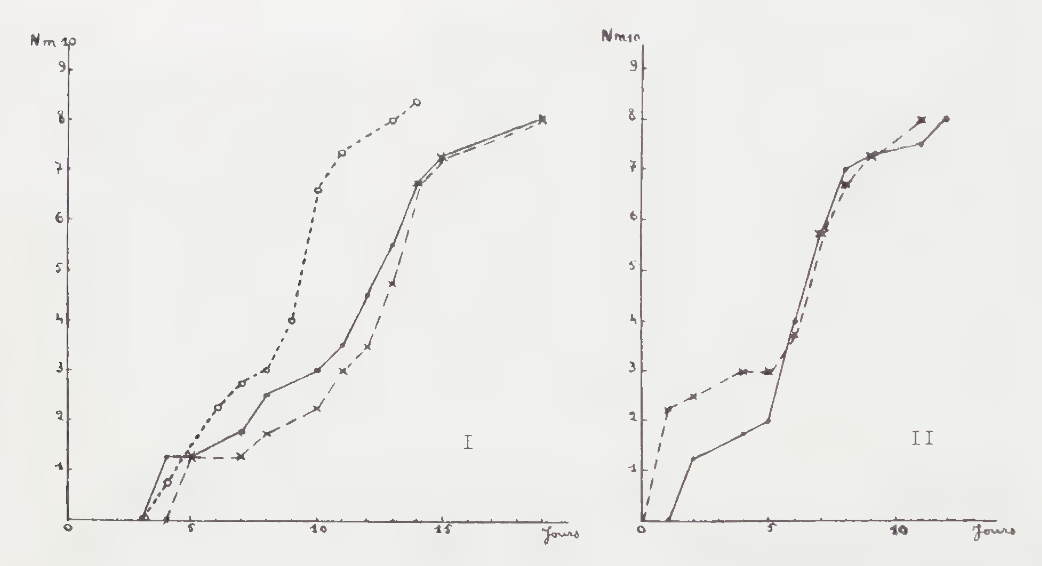
Certains micro-organismes du sol sont capables d'utiliser le phénol comme source de carbone. Il semble qu'on puisse atteindre ainsi une partie de la microflore « autochtone » du sol.

La plupart des résultats obtenus jusqu'ici en biologie des sols concernent la microflore dite « zymogène » qui est de loin la plus facile à étudier. Par contre, il est beaucoup plus difficile d'atteindre la flore capable de dégrader les éléments organiques les plus caractéristiques du sol, des éléments ligneux aux complexes humiques. On sait qu'une partie importante de ces substances est constituée par des noyaux phénoliques. Il nous a donc paru intéressant d'étudier la réponse de la microflore totale de sols différents lorsqu'on la cultive sur des milieux renfermant du phénol pur. La technique à la fois la plus générale et la plus fine semble bien être celle qui emploie des milieux liquides ensemencés par des dilutions-suspensions de terre : nous l'avons montré à plusieurs reprises.

Dans cette Note, nous rendons compte des résultats obtenus en étudiant une terre de jardin, moyennement fertile, et une rendzine forestière. Nous avons employé cinq milieux de culture différents, contenant tous du phénol comme source de carbone, ainsi qu'un sel d'ammonium, un nitrate ou un acide aminé comme source d'azote. Les doses ont été calculées pour que le rapport C/N des milieux soit sensiblement égal à 10. La formule générale de ces milieux a été donnée antérieurement. En dehors des éléments de base, ils contiennent respectivement : phénol, 0,50 ou 0,25 g/l et les doses de sulfate d'ammonium (n°s 1 et 2) ou de nitrate (n°s 3 et 4) correspondantes; phénol, 0,25 g; alanine, id. (n° 5). Ces milieux sont répartis en tubes et stérilisés. On ensemence avec des dilutions de terre, puis on procède chaque jour aux lectures en utilisant le réactif de Millon comme révéléateur du phénol. L'interprétation des résultats est faite comme il est indiqué ailleurs ([1]).

On constate que le phénol est attaqué beaucoup plus vite dans le cas de la terre forestière que dans celui de la terre de jardin (*figure*). Tout se passe comme si des germes spécialisés préexistent dans la première, alors que, dans la seconde, des germes doivent s'adapter à une source carbonée nouvelle. Toutefois, dans la terre de jardin, le métabolisme du phénol semble s'opérer régulièrement une fois déclenché, alors qu'il n'en est pas de même dans la terre forestière. Dans celle-ci en effet, la réponse rapide d'une minorité de germes — par ailleurs sensibles au phénol comme en

témoigne la différence entre les deux courbes, suivant que le milieu contient 0,5 g ou seulement 0,25 g de phénol par litre —, est suivie d'une période d'arrêt momentané, puis d'une flambée nouvelle et rapide. On peut donc penser que deux flores différentes entrent en jeu : l'une à tendance zymogène est à la fois très active et sensible au phénol envisagé comme antiseptique; l'autre est moins active, mais plus nombreuse puisqu'elle atteint sensiblement le même niveau que la flore totale; de plus, elle supporte bien le phénol. Il est même probable que si l'on augmentait encore la dose de phénol du milieu, la première flore disparaîtrait et l'on



Courbes de consommation du phénol par la microflore des deux sols étudiés.

I. Terre de jardin. II. Rendzine forestière.

---○---○--- Milieu au phénol : 0, 5 g $^0/_{00}$ et $(NH_4)_2SO_4$;
——●—— » » 0, 5 g $^0/_{00}$ et KNO_3;
--×--------- » » 0,25 g $^0/_{00}$ et KNO_3.

obtiendrait une courbe semblable à celle que donne la terre de jardin, qui ne présente aucun effet zymogène. On peut donc considérer que la seconde partie de la courbe représente vraiment l'activité d'une partie de la flore caractéristique du sol (²); celle-ci est seulement plus active dans la terre forestière.

Nous avons remarqué aussi que la flore n'est pas indifférente à la source d'azote proposée : en présence de sel d'ammonium, le phénol est consommé plus rapidement qu'avec les nitrates. Il faut en moyenne cinq jours de moins pour obtenir une destruction totale du phénol. Avec l'alanine, la réponse est intermédiaire. On doit noter enfin que l'apparition de nitrites a été constante dans le cas des milieux 3 et 4, mais n'est pas significative. D'autres essais devront être effectués.

En conclusion, il semble que la terre forestière soit mieux adaptée au métabolisme des phénols que la terre de jardin. On peut d'ailleurs remarquer, à ce sujet, qu'une terre de forêt reçoit des apports ligneux constants, alors qu'il n'en est pas de même de la seconde. Il apparaît aussi que la dégradation du phénol s'effectue plus vite en présence d'azote ammoniacal que d'azote nitrique. On peut penser de même qu'un excès de composés ammoniacaux favorise une destruction plus rapide des réserves humiques dans les sols.

(1) J. Augier et R. Moreau, *Ann. Inst. Pasteur*, 1960 (sous presse).
(2) Flore « autochtone », de Winogradsky.

PHYSIOLOGIE CARDIAQUE. — *Une nouvelle méthode d'enregistrement du rythme cardiaque.* Note (*) de MM. **René Distel** et **Surendra Kundan Lal**, présentée par M. Léon Binet.

Un oscillographe muni d'un dispositif simple permet d'enregistrer tout phénomène périodique sous forme de réseau. Ce dernier met en évidence d'une façon suggestive les variations de fréquence, se prête à des mesures précises et facilite les enregistrements de longue durée.

Historique. — La palpation du pouls a bénéficié depuis l'antiquité de tous les progrès de l'horlogerie. L'enregistrement ne remonte qu'à Marey ([1]). Les multiples techniques cardiographiques et sphygmométriques, suivies par la découverte de l'électrocardiographie ([2]), ([3]), ([4]), ont rendu possibles des mesures précises sur le rythme permettant l'exploration de l'automatisme cardiaque sur les animaux les plus divers et dans les circonstances physiologiques les plus variées. Les pharmacologistes ont pu apprécier les propriétés chronotropes de toutes les drogues et les médecins, établir solidement la pathologie du rythme cardiaque.

La somme et l'importance même de ces travaux ont incité certains chercheurs à substituer au graphique unidimensionnel qui ne donne que l'instant de la pulsation cardiaque et nécessite des mesures ultérieures, un rythmogramme ayant en ordonnées la durée du cycle cardiaque et en abscisses le temps. Nombreux sont les dispositifs imaginés qui n'ont pas tous retenu l'attention qu'ils méritaient ([5]), ([6]), ([7]), ([8]).

Principe de la méthode. — On utilise un oscillographe cathodique muni d'un balayage horizontal bien régulier. Un balayage vertical lui est adjoint qui permet d'utiliser la plus grande partie de l'écran. L'électrocardiogramme, par l'intermédiaire d'un amplificateur, module la tension appliquée à l'électrode de Wehnelt. Ainsi il ne se manifeste que par un brusque éclat du spot cathodique correspondant à une onde de grande amplitude (onde R par exemple). Chaque battement se traduit par un point lumineux sur l'écran du tube. Sur une photographie de l'écran, les points successifs s'alignent sur des droites parallèles obliques : si le rythme est constant on obtient un réseau (*fig.* 2) qui permet de calculer aisément la fréquence. Si le rythme présente des irrégularités ou des variations progressives, les déformations du réseau sont particulièrement suggestives et fournissent toutes les données nécessaires au calcul dont nous exposons les principes dans une publication ultérieure.

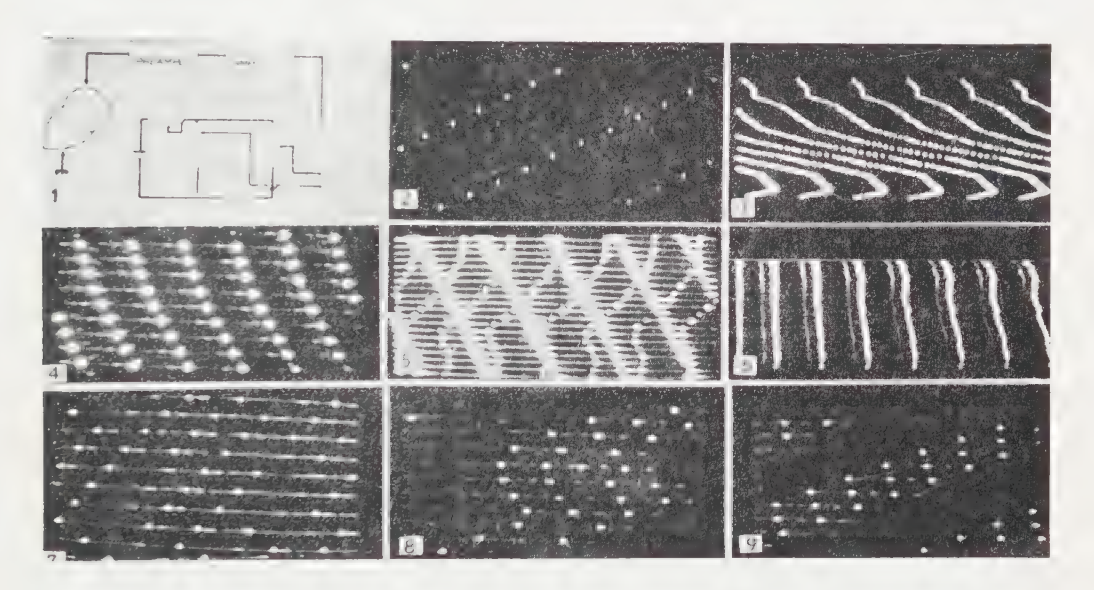
L'appareillage est schématisé sur la figure 1, le balayage vertical est obtenu par un moteur très lent (1/2 ou 1/30e t/mn) qui agit sur le curseur d'un potentiomètre.

Résultats. — Nous examinerons quelques types de réseaux obtenus sur le cœur de Grenouille décérébrée.

1° Le réseau de la figure 2 est apparemment régulier, mais les mesures effectuées sur la photographie révèlent un ralentissement progressif. La durée du cycle n'augmente que de 6 %.

2° Enregistrement pendant 20 mn. Ralentissement puis accélération (*fig.* 3). Calculée depuis le début de l'enregistrement jusqu'à un instant quelconque de ce dernier, la durée moyenne du cycle varie au maximum de 0,66 %. La durée moyenne de six cycles consécutifs ne varie que de 5 %.

3° Ralentissement progressif (*fig.* 4). Durée moyenne du cycle : 1,72 s. Les rangées denses presque verticales sont légèrement concaves en haut et à droite. L'augmentation de la durée de chaque cycle n'est que de 2 %. Une accélération du rythme aurait donné une concavité en sens inverse.



4° Enregistrement simultané d'un réseau étalon et du rythme cardiaque (*fig.* 5). Le réseau étalon formé de taches allongées est fourni par un stimulateur électronique réglé sur la fréquence d'un cycle par seconde. Sa régularité permet d'éliminer une mauvaise stabilité de la base de temps de l'oscillographe cathodique. Il serait préférable d'utiliser pour ce contrôle un dispositif qui ne soit pas, comme l'oscillographe, influencé par le secteur d'alimentation électrique. Le réseau cardiaque est formé de taches arrondies. Les plus grandes proviennent de R, mais on distingue également P et T. RT étant ici égal à TR, T et R s'alignent sur les mêmes rangées.

5° Synchronisation de l'oscillographe par le rythme cardiaque, montage en « déclencher externe » (*fig.* 6). Les rangées verticales présentent de petites irrégularités imputables au déclencher. L'obliquité de la dernière rangée de droite traduit un ralentissement cardiaque régulier.

6° Bloc auriculo-ventriculaire (*fig.* 7). Le réseau est régulier mais présente des lacunes. L'absence de complexes ventriculaires ne retentit pas sur le rythme. La répartition des lacunes n'est pas quelconque. De ces données on peut conclure qu'il s'agit d'un bloc intermittent avec tendance à la périodicité.

7° Apparition d'un rythme alternant. Sur la figure 9 on a des périodes de trois cycles cardiaques, les deux premiers sont brefs et sensiblement égaux, le troisième est long sensiblement supérieur à quatre cycles brefs. La figure 8 montre le stade antérieur, la période multiple est variable, la durée des cycles brefs évolue indépendamment de la durée des cycles longs.

Discussion. — Cette technique met en œuvre des moyens simples et présente une grande souplesse. Sa précision dépend de la stabilité du balayage vertical, c'est-à-dire de la base de temps de l'oscillographe, mais le cas échéant il est possible d'utiliser un autre système chronographique. La même technique peut servir au contrôle de la base de temps des oscillographes cathodiques.

Il n'est pas toujours possible de disposer d'un chronographe aussi absolu qu'on le désirerait, mais si à l'aide d'un signal périodique indépendant on obtient un réseau régulier on peut admettre, comme extrêmement probable, à la fois la stabilité de la fréquence du signal et de celle du balayage. Il faut cependant éviter une synchronisation par transmodulation parasite. Un tel artefact apparaîtrait d'ailleurs sur le réseau par l'existence de rangées denses verticales.

(*) Séance du 5 septembre 1960.

(1) E. J. Marey, *Physiologie médicale de la circulation du sang*, A. Delahaye, Paris, 1863.
(2) E. J. Marey, *Comptes rendus*, 82, 1876, p. 975.
(3) A. D. Waller, *J. Physiol.*, 8, 1887, p. 228-234.
(4) W. Einthoven, *Pflüger's Arch.*, 99, 1903, p. 472-480.
(5) A. Fleisch, *Z. exp. Med.*, 72, 1930, p. 384.
(6) A. Djourno, *Paris Médical*, 32, 1938, p. 181-182.
(7) H. Odier, *J. Physiol.*, 44, 1952, p. 709.
(8) Penaz, *Scripta medica*, 33, 1960, p. 1-6.

(*Laboratoire de Physiologie générale, Sorbonne, Paris.*)

PHYSIOLOGIE CARDIAQUE. — *Existence d'un automatisme contractile dans le ventricule du cœur branchial de* Myxine glutinosa *L.* Note de M. **Boris Rybak**, présentée par M. Léon Binet.

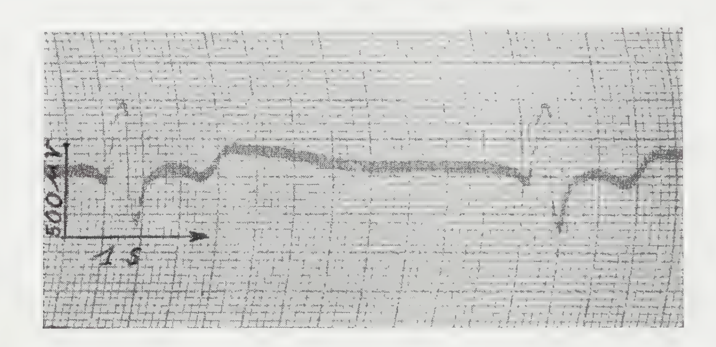
Tout fragment d'oreillette du cœur branchial totalement aneural [1] de *Myxine glutinosa* est capable de contractions automatiques [2], ce qui indique que dans un tel système myocardique les processus automatogènes et contractiles sont juxtaposés intimement si ce n'est confondus. Si l'on cherche à définir par des transsections auriculaires systématiques quelle est la plus petite quantité nécessaire et suffisante d'oreillette attenante au ventricule permettant d'induire la contraction périodique de ce ventricule, on s'aperçoit qu'aucune portion auriculaire n'est utile et qu'en définitive un fragment quelconque de ventricule est capable de poursuivre des mouvements réguliers pendant une durée qui peut atteindre 20 h à 18° C, surtout si ce fragment ventriculaire est soumis à une traction à l'aide de l'extensomètre décrit antérieurement [3] et, par exemple, à l'aide de charges de l'ordre de 2×1 g disposées à l'opposé l'une de l'autre.

Les trains de potentiels émis par un écusson ventriculaire n'intéressant que la moitié apicale de cette entité cardiaque sont du type représenté par le tracé ci-contre où l'on reconnaît une déflexion R et une déflexion T (dérivation bipolaire de contact épiventriculaire à l'aide d'électrodes-pinceaux; $\theta \# 20°$ C).

Cet automatisme contractile se manifeste autant avec un ventricule seulement séparé de l'oreillette qu'avec un ventricule isolé et ouvert sagittalement; de plus même si le ventricule ou un fragment ventriculaire n'est pas soumis à une tension mécanique et qu'il plonge librement dans le milieu de survie constitué par de l'eau de mer de fond diluée aux 2/3 [4], il montre des mouvements prolongés (durée minimale : 5 h), ce qui indique que ces mouvements périodiques ne sont pas la conséquence d'une stimulation passagère d'ordre traumatique. Le rythme idio-ventriculaire à l'état pur est inférieur au rythme auriculaire; ainsi s'il est de 36 c/mn pour l'oreillette, il est de 18-20 c/mn pour le ventricule, soit pratiquement la moitié.

Cet automatisme contractile ventriculaire peut être mis en évidence non seulement par voie chirurgicale mais encore par voie biochimique. Notons tout d'abord que la narcose induite par le gaz carbonique se manifeste en premier lieu dans l'oreillette, le ventricule ne cessant ses mouvements que plus tardivement. Par ailleurs aux doses de 2-désoxyglucose qui, normalement, arrêtent les mouvements auriculaires (par exemple 500 μg/ml pour un cœur étalé ouvert sous tension), le ventricule poursuit ses contractions et il faut des doses de l'ordre de 1,5 mg/ml pour obtenir une diminution considérable des mouvements ventriculaires voire leur dispa-

rition, encore que celle-ci — sans doute par suite de l'épaisseur de la masse ventriculaire qui restreint l'accession des molécules — ne soit, semble-t-il, jamais totale. En effet, de même que par l'analyse des mouvements auriculaires à l'aide de 2-désoxyglucose à 500 μg/ml on peut se convaincre, sur une préparation tendue, qu'il existe une zone automatogène privilégiée où la durée des contractions est maximale qui est située dans la zone valvulaire sino-auriculaire et plus précisément encore à la base commissurale de ces valves comme il en va chez les Poissons ([5]), de même il semble que la zone ventriculaire préaortique se comporte comme *ultimum moriens* sur une préparation ventriculaire isolée et subtotale observée en cours de vieillissement ou sous l'effet de 2-désoxyglucose à 1,5 mg/ml. Toutefois soulignons que l'apex ventriculaire isolé est aussi capable de contractions régulières prolongées, de même qu'une moitié ventriculaire n'intéressant pas la zone préaortique. De sorte que s'il existe des zones automatiques privilégiées auriculaires et ventriculaires, elles ne s'avèrent pas indispen-



sables à l'automatisme contractile durable de toute entité auriculaire ou ventriculaire.

L'existence d'un automatisme ventriculaire chez la Myxine, qui représente le seul cas connu d'automatisme ventriculaire prolongé chez les Vertébrés adultes, pose au moins deux types de problèmes :

1° celui des conditions biochimiques de cet automatisme. En effet il a été montré ([6]) que le taux de glycogène et celui d'acide lactique sont en gros trois fois plus importants dans le ventricule que dans l'oreillette quoique la consommation apparente d'oxygène soit nettement moins forte dans le ventricule que dans l'oreillette. Comme le ventricule est pigmenté en rouge tandis que l'oreillette est seulement jaunâtre, on peut penser que les abondants pigments respiratoires ventriculaires assurent une oxygénation suffisante pour permettre un cycle Pasteur-Meyerhof ventriculaire proportionnel au cycle Pasteur-Meyerhof auriculaire et que c'est seulement par suite de l'épaisseur du ventricule non tendu que la consommation d'oxygène y apparaît moins importante. On peut considérer que la traction exercée sur le ventricule augmente la surface d'échange des fibres musculaires, ce qui pourrait expliquer, partiellement au moins, l'action favorisante de la traction sur le maintien de l'automatisme contractile;

2° celui de l'automatisme contractile du ventricule qui n'indique pas que celui-ci soit autonome, c'est-à-dire que sa contraction soit indépendante de celle de l'oreillette adjacente. Au contraire l'ordre de succession des contractions a toujours lieu dans le sens oreillette-ventricule et l'observation en place des valves auriculo-ventriculaires selon le procédé des sections coniques ventriculaires [7] indique bien que l'ouverture de ces valves est contemporaine de la systole auriculaire et leur fermeture de la systole ventriculaire et il est en conséquence peu probable que la circulation sanguine intracardiaque puisse devenir indifférente quant à sa direction : elle doit constamment rester dirigée vers l'aorte. Par contre, on peut considérer que si, pour une raison ou une autre, l'oreillette cessait ses mouvements rythmiques, la présence d'un mécanisme autocontractile ventriculaire permettrait de suppléer à cette déficience et assurerait ainsi la circulation sanguine branchiale.

(1) K. B. Augustinson, R. Fänge, A. Johnels et E. Östlund, *J. Physiol.*, London, 131, n° 2, 1955, p. 257.
(2) B. Rybak, *J. Physiol.*, 51, n° 4, 1959, p. 631.
(3) B. Rybak, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3391.
(4) J. J. Young, *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, 12, 1932, p. 425.
(5) J. Ripplinger, *Ann. scient. Univ. Besançon*, 5, 1950, p. 45.
(6) B. Rybak et P. Boivinet, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 2231.
(7) B. Rybak, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

(*Kristinebergs Zoologiska Station, Fiskebäckskil, Suède et Zoophysiologie, Faculté des Sciences, Caen.*)

NEUROLOGIE. — *Mise en évidence d'un « Centre hypnique » au niveau du rhombencéphale chez le Chat.* Note de MM. **Michel Jouvet** et **François Michel**, transmise par M. Henri Hermann.

Par des expériences de sections étagées du tronc cérébral et de coagulations électives de la formation réticulée pontique, on démontre que les périodes d'activité électrique rapide corticale observée au cours du sommeil physiologique chez le Chat dépendent de la mise en jeu de structures nerveuses situées au niveau de la partie médiane du tegmentum pontique.

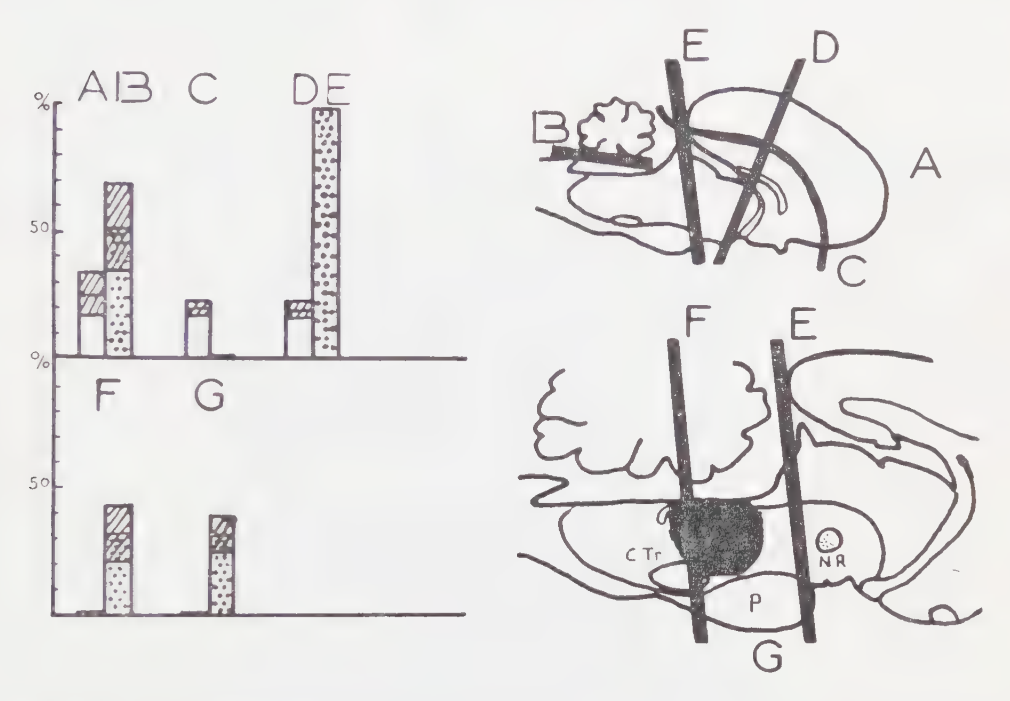
Au cours du sommeil physiologique chez le Chat, apparaissent périodiquement, 2 à 3 fois par heure, des phases d'activité rapide corticale ([1]) [ou « phase paradoxale » ([2])] d'une durée de 10 à 15 mn, qui s'accompagnent d'une activité rythmique lente au niveau de la formation réticulée (F. R.) pontique, d'une disparition totale du tonus musculaire, de mouvements rapides des yeux, de variations cardio-respiratoires et d'une augmentation importante du seuil d'éveil par stimulation de la F. R. mésencéphalique ([3]). Les structures nerveuses responsables du déclenchement de cette phase ont été précisées de la façon suivante :

Sur 54 chats chroniques (12 chats intacts, 11 décortiqués totaux ou partiels, 20 porteurs de section totale ou subtotale du tronc cérébral, 9 porteurs de coagulation limitée du tronc, 2 ayant subi l'ablation totale du cervelet), porteurs d'électrodes corticales et sous-corticales, l'activité électrique cérébrale a été étudiée quotidiennement au cours du sommeil physiologique pendant au moins une semaine. En même temps que l'E. E. G., l'électromyogramme (E. M. G.) des muscles de la nuque, les mouvements des yeux et les rythmes cardiaques et respiratoires étaient enregistrés.

Les résultats ([2]) montrent que l'ablation totale du néo-cortex, du cervelet ([4]), ou des sections étagées du tronc cérébral en avant du pont n'empêchent pas la survenue périodique des phénomènes E. E. G. pontiques et somato-végétatifs caractéristiques de la phase rapide du sommeil (*fig.*). Celle-ci continue à survenir pendant 20 % du temps d'enregistrement, proportion comparable à celle de l'animal intact. Par contre une section du tronc à la partie postérieure du pont (entre le pont et les corps trapézoïdes) supprime totalement la disparition périodique du tonus musculaire, et les variations cardio-respiratoires qui l'accompagnent. L'activité corticale, en avant de la section, est le plus souvent rapide, mais des périodes d'ondes lentes et de fuseaux surviennent pendant 30 à 40 % du temps d'enregistrement.

Ces résultats conduisent ainsi à rendre responsables les formations pontiques de la phase paradoxale. La preuve formelle en est apportée

par la coagulation élective de la F. R. pontique (noyau *pontis oralis*, noyau *pontis caudalis* et noyau *centralis superior* de Betcherew). Une telle lésion a entraîné chez quatre animaux la disparition totale des phases d'activité rapide et d'extinction du tonus musculaire au cours du sommeil (*fig.*). Ces animaux ne présentaient que la phase d'ondes lentes du sommeil, et restaient capables d'une activité rapide corticale au cours



Représentation schématique du cycle veille-sommeil chez le Chat intact (A), cerebellectomisé (B), décortiqué (C), mésencéphalique (D), pontique (E), retropontique (F) et chez le Chat porteur de lésion médiane de la F. R. pontique (G).

A gauche, pourcentage (pour 12 h d'enregistrement continu) des périodes de sommeil avec ondes lentes et fuseaux (pointillé), ou des périodes d'activité rapide corticale et d'extinction musculaire (en blanc).

Chaque catégorie représente la moyenne de 16 enregistrements sur quatre chats. Les hachures indiquent la déviation standard.

On remarque l'absence d'activité lente en C, et l'absence du sommeil « rapide » en F et G.

Chez le Chat mésencéphalique ou pontique (D-E), la phase rhombencéphalique du sommeil n'induit pas d'activité rapide corticale. Elle est repérée par les phénomènes E. E. G. pontiques et les variations E. M. G. et cardio-respiratoires.

N. R., noyau rouge; P, pont; C. Tr., corps trapézoïde.

de l'éveil spontané ou provoqué. Chez trois autres animaux, dont les lésions plus antérieures épargnaient la partie postérieure du noyau *pontis caudalis*, les phases paradoxales réapparurent au cours du sommeil respectivement les 5e, 6e et 8e jours, mais leurs durées étaient très brèves (1 à 2 mn). Des lésions de contrôle de la partie dorsale du pont et des lésions de la F. R. mésencéphalique n'ont entraîné aucun changement dans l'apparition des phases d'activité rapide au cours du sommeil.

Ces faits démontrent ainsi qu'au niveau de la F. R. pontique se trouvent des structures nerveuses dont la mise en jeu périodique, au cours du sommeil comportemental, sous l'influence d'une cause encore inconnue, est responsable à la fois de l'activité rapide corticale [par des voies différentes du système réticulaire activateur ascendant (4)] de la disparition totale du tonus musculaire et des variations cardio-respiratoires. Pour ces raisons, nous proposons de donner à la phase d'activité rapide au cours du sommeil physiologique le nom de *phase rhombencéphalique* du sommeil.

(1) W. Dement, *E. E. G. Clin. Neurophysiol.*, 10, 1958, p. 291-296.
(2) M. Jouvet, F. Michel et J. Courjon, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 3043.
(3) M. Jouvet, F. Michel et J. Courjon, *C. R. Soc. Biol.*, 153, 1959, p. 1024-1028.
(4) M. Jouvet et F. Michel, *J. Physiol.*, 52, 1960, p. 130-131.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Dualité des réponses du centre médian à la stimulation visuelle.* Note de Mme **Denise Albe-Fessard** et M. **Alberto Mallart**, transmise par M. Robert Courrier.

Albe-Fessard et Kruger [1] stimulant électriquement ou mécaniquement les téguments du Chat, ont montré l'existence de réponses à courte et à longue latence dans le centre médian du thalamus (CM). Ce noyau recevant aussi des afférences d'origine visuelle [2], nous avons examiné si celles-ci donnent également lieu à des réponses doubles. Pour cette étude, deux types de technique d'enregistrement ont été utilisés.

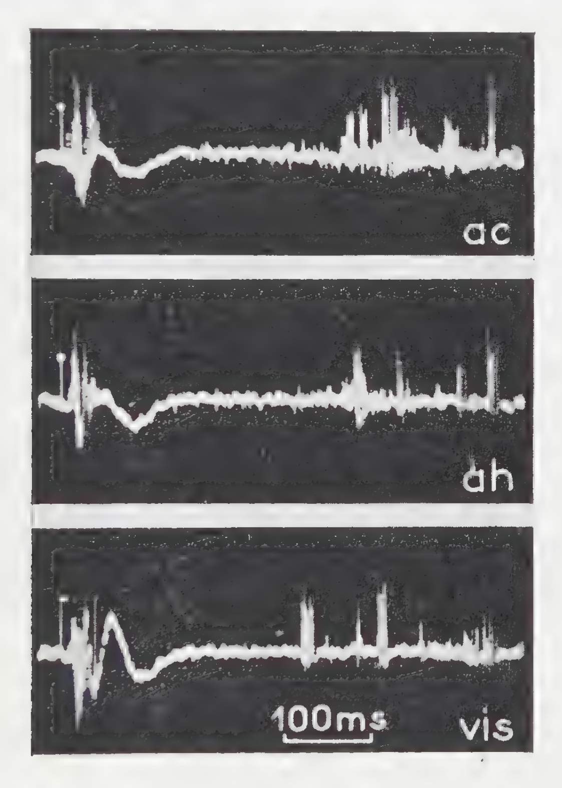


Fig. 1. — Dérivation dans le CM (A 7,5, L 3, + 1) des réponses à la stimulation électrique des membres antérieurs contra et homolatéraux (*ac*, *ah*), et à la stimulation de l'œil contralatéral par un éclair blanc durant 5 ms.
Électrodes métalliques bipolaires concentriques.

1° Le CM a été exploré à l'aide d'électrodes bipolaires concentriques fines (tube de 300 μ de diamètre extérieur, dans lequel est passé un fil isolé de 50 μ). La pointe affûtée constitue une électrode métallique très fine de quelques microns. On peut espérer dans ces conditions limiter à quelques neurones du CM le nombre des unités dont l'activité est captée par l'électrode.

De tels enregistrements, présentés dans la figure 1, permettent de voir que les stimulations visuelles, comme les stimulations somatiques, provoquent dans le CM, après un premier train d'activités bien groupées à courte latence, une série de réponses beaucoup plus dispersées dans le temps (entre 250 et 600 ms après la première réponse). S'agit-il là de la réponse à longue latence de plusieurs unités voisines ou observe-t-on, avec ce mode d'enregistrement, une reprise rythmique de l'activité après une phase d'inhibition post-réactionnelle de longue durée ?

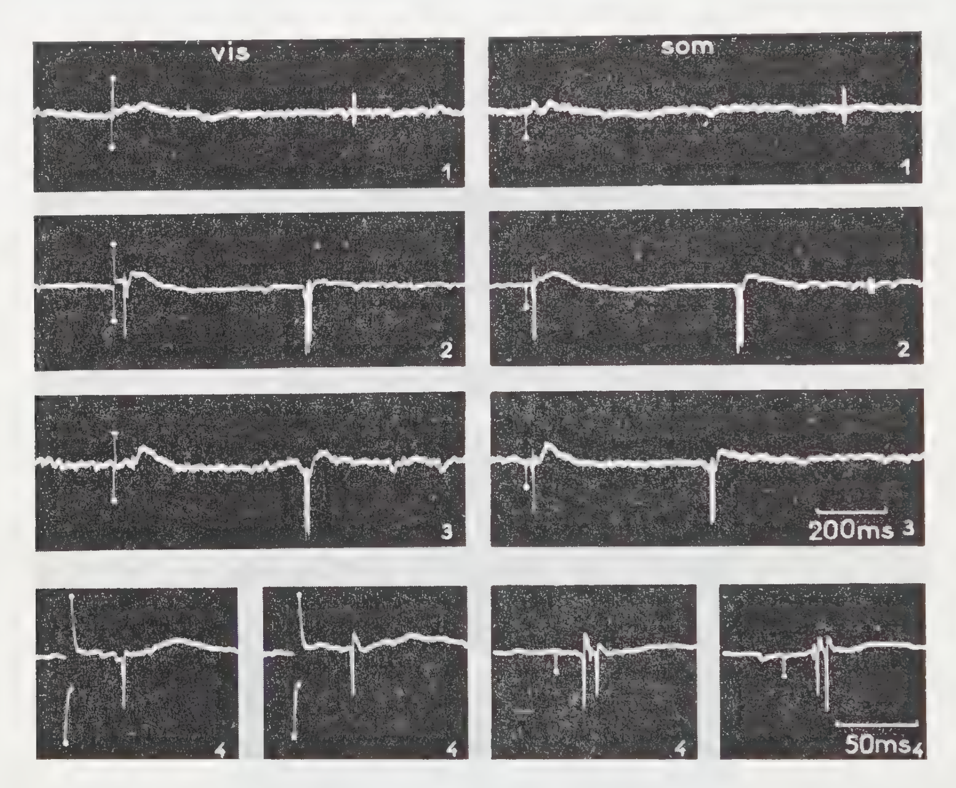


Fig. 2. — Dérivations dans la même région du CM. Stimulation électrique du membre antérieur contralatéral (som.), et stimulation visuelle (vis.). Microélectrodes de verre ultrafines permettant d'étudier isolément des unités. Pour les unités 1, 2, 3, réponses à courte et longue latence. En 4, réponses à courtes latences, présentées chacune deux fois, à vitesse plus rapide d'enregistrement.

2° Afin de voir si une même cellule était capable de répondre doublement aux deux types de modalités sensorielles, nous avons dérivé l'activité unitaire de ces cellules à l'aide de microélectrodes de verre (diamètre d'environ 0,5 μ, résistance de l'ordre de 15 MΩ) qui permettent d'étudier séparément cette fois chaque unité. Nous avons trouvé au cours de plusieurs descentes dans le noyau du CM un grand nombre d'unités qui répondaient à la fois à la stimulation somatique (choc électrique sur un membre) et à la stimulation visuelle naturelle, et qui, pour les deux modes de stimulation, présentaient la dualité de réponse.

La figure 2 montre pour quatre unités différentes les réponses ainsi enregistrées. Les trois premières présentent toutes une première réponse (onde lente donnant lieu ou non à un influx propagé) et une seconde réponse (toujours accompagnée de spikes). La quatrième ne montre qu'une réponse à courte latence que nous avons présentée à vitesse plus rapide afin que les latences aux deux modes de stimulation puissent être comparées.

L'existence d'une dualité de réponse est donc bien une propriété du CM mis en jeu par des stimulations sensorielles. Dans le cas de la somesthésie, Albe-Fessard et Kruger ont attribué cette dualité à l'existence de deux voies ascendantes distinctes, dont la seconde correspondrait à des messages plus lents et relayés de multiples fois. Il n'est pas interdit de penser que pour la vision, nous ayons affaire aussi à deux voies différentes aboutissant aux mêmes neurones.

Le fait que l'intervalle séparant les premières et deuxièmes réponses d'origine visuelle soit toujours systématiquement plus court que l'intervalle séparant les deux réponses d'origine somatique (*fig.* 1 et 2) fait penser en effet que la deuxième réponse est liée au stimulus même et n'est pas une simple propriété du cycle de récupération cellulaire. Cette phase de récupération n'aura pour effet que de limiter inférieurement la valeur de cet intervalle qui ne peut évidemment jamais descendre au-dessous de la durée du cycle de récupération (comprise, sous chloralose, entre 200 et 300 ms).

(1) D. Albe-Fessard et L. Kruger, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 299.
(2) D. Albe-Fessard et A. Mallart, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1040.

(Centre d'Études de Physiologie nerveuse du C. N. R. S.)

CHIMIE THÉORIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude théorique du mécanisme des oxydations dans la phosphorylation.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Phosphorylation dans la chaîne respiratoire. — Une réaction biologique endothermique est généralement couplée avec une réaction exothermique qui lui fournit l'énergie nécessaire. La réaction exothermique la plus souvent utilisée, *in vivo*, est la rupture d'une « liaison riche ». En général la liaison phosphate dans l'adénosine phosphate (ATP). L'ATP est ensuite reconstituée à l'aide de l'adénosine diphosphate et du phosphate inorganique ($P_i = PO_4H_3$).

Cette synthèse est réalisée dans les mitocondries où interviennent les agents oxydoréducteurs de la chaîne respiratoire. Ils sont de deux sortes : 1° les transporteurs d'hydrogène comme la diphosphopyridine nucléotide réduite ($DPNH_2$) et de la flavine adénine nucléotide FAD_2; 2° les cytochromes qui sont réducteurs ou oxydants selon que l'iòn central soit ferreux ou ferrique. Les réactions de synthèse ATPase nécessitent également Mg^{2+}. Selon des expériences utilisant des inhibiteurs, il apparaît que la réaction de synthèse de l'ATP se fait en deux phases : 1° oxydation du DPN réduit, abolie en dehors de la chaîne respiratoire; 2° synthèse de l'ATP à l'intérieur d'un complexe de Mg^{2+} puisqu'elle est inhibée par la présence d'agents fortement coordinateurs dans la solution contenant en suspension des mitocondries fraîches de foie ([1]).

1° *Oxydation du DPN réduit.* — Dans une précédente Note ([2]) le calcul des charges a montré que l'oxygène moléculaire, cédé par l'oxyhémoglobine est dissocié en O^+ et O^- par le Fe^{3+} de la cytochrome oxydase. Il est admis que dans la chaîne respiratoire, la première réaction réalisée est l'oxydation par O^{--} du DPN réduit, qui est une réaction exothermique de 55 kc ([3]). L'oxygène y est donc actif sous la forme O^{--}. Selon l'ordre établi pour la chaîne des cytochromes, à partir de la cytochrome oxydase, on peut en déduire que le premier ion oxygène libéré deviendra actif après les réactions d'oxydoréduction suivantes :

$$O^+ + cyt_a Fe^{2+} = O + cyt_a Fe^{3+} \quad \text{puis} \quad O + cyt_c Fe^{2+} = O^- + cyt_c Fe^{3+}$$
$$\text{puis} \quad O^- + cyt_b Fe^{2+} = O^{--} + cyt_b Fe^{3+}.$$

Le second ion oxygène libéré aurait un chemin plus court à parcourir $O^- + cyt_a Fe^{2+} = O^{--} + cyt_a Fe^{3+}$. Donc un des ions O^{--} agirait au niveau du cytochrome *b* alors que le second serait actif au niveau du cytochrome *a*. Chaque O^{--} pourrait alors participer à la réaction exothermique :

$$DNP_{\text{réduit}} + O^{--} = DNP_{\text{oxydé}} + HO^-.$$

2° *Synthèse de l'ATP.* — Si l'on calcule la répartition des charges dans le composé $Mg^{2+} — P_i$, on trouve pour P une charge positive de + 0,81 ainsi qu'une charge positive de + 0,32 sur un des atomes coordinateurs. Par contre, les autres atomes présentent une charge négative. Cette liaison dipositive doit être plus labile que les autres liaisons P—O.

D'autre part, si l'on calcule les niveaux d'énergie occupés par les électrons mobiles dans le complexe de transition, on a l'équilibre

$$\mathrm{ATP} \overset{Mg^{2+}}{\rightleftharpoons} \mathrm{ADP} + \mathrm{P}\sim + 55\ \mathrm{kc}.$$

Ce qui signifie que, dans ce complexe de transfert de charge, la différence d'énergie de résonance stabilise les molécules dissociées (ADP, phosphate), les électrons délocalisés pouvant occuper dans ces molécules des niveaux d'énergie plus bas que dans l'ATP. Pour opérer la synthèse de l'ATP à l'intérieur du complexe de transition, il faudra donc fournir de l'énergie aux électrons délocalisés dans ADP et le phosphate pour qu'ils soient promus aux niveaux plus élevés de l'ATP.

Si l'on suppose que l'oxydation du DNP réduit soit couplée avec la réaction de synthèse dans le complexe de transition, l'énergie libérée par l'oxydation pourra être utilisée pour la promotion des électrons π. On aura la réaction globale

$$\begin{array}{lcl} DPNH^{+} + O^{--} & = & DPN + HO^{-} + 55\ kc \\ P—OH^{+} + ADP + 55\ kc & = & ATP + OH^{+} \\ \hline DPNH^{+} + O^{--} + P—OH^{+} & = & DPN + ATP + H_2O_2 \end{array}$$

l'eau oxygénée ainsi libérée est rapidement transformée par la catalase et la peroxydase. D'autre part, la chaîne des cytochromes se trouvant en liaison, non seulement avec le DPN, mais aussi avec $FADH_2$, on peut supposer que le système oxydoréducteur est ramené à l'état réduit par une réaction telle que

$$FADH_2 + 2\,cytFe^{3+} + DPN = FAD + 2\,cytFe^{2+} + 2\,DPNH^{+}.$$

Avec 2 mol $FADH_2$ les cytochromes se retrouveraient tous à l'état réduit.

2. Antagonisme entre Mg^{2+} et Ca^{2+} dans la phosphorylation au niveau du substrat. — Dans la formation d'une liaison carboxyl-phosphate, une molécule P_4 se lie à un groupement CO. La réaction est irréversible car la dissociation de la liaison carboxyl-phosphate donne CO_2 et P_3. C'est-à-dire que la formation du carboxyl-phosphate se fait entre C et un atome O du phosphate, alors que la dissociation du groupe carboxyl-phosphate provoque la rupture de la liaison entre le même atome O, qui reste lié à C, et P.

Mg^{2+}. — Le calcul des charges pour les atomes du complexe carboxyl-phosphate donne

C.	O_{CP}.	P.
+0,77	+0,42	+0,81

La charge positive de P est supérieure à celle de C, ce qui rend vraisemblable la rupture entre O et P.

D'autre part, si l'on calcule la différence entre les énergies de résonance de la molécule à liaison riche et des produits dissociés, elle est de 128 kc. Les niveaux d'énergie sont donc beaucoup plus bas dans les produits dissociés. Ce qui est en faveur de la dissociation dans le complexe activé par Mg^{2+}.

Ca^{2+}. — Le calcul des charges dans le complexe carboxyl-phosphate-Ca^{2+} contrairement à celui du complexe avec Mg^{2+} donne sur O_{CP} qui lie le C du carboxyl au P du phosphate, une charge négative

C.	O_{CP}.	P.
+0,75	−0,40	+0,78

La liaison devrait donc être stable à l'intérieur du complexe. Cependant si l'on fait le calcul des énergies de résonance à l'intérieur du complexe Ca^{2+} la différence d'énergie entre la molécule à liaison riche et les produits dissociés est de 40 kc (en faveur de la dissociation π). Il faudra donc, tout de même fournir 40 kc aux électrons délocalisés pour qu'ils occupent les niveaux d'énergie de la molécule carboxyl-phosphate à partir du CO et du phosphate. Si l'on couple la réaction de synthèse de la liaison carboxyl-phosphate avec celle de la rupture de la liaison phosphate de l'ATP, ou avec celle de l'oxydation du DNP réduit. On a pour l'oxydation du DNP réduit une libération d'énergie de 55 kc largement suffisante pour compenser les 40 kc.

D'autre part, la rupture de la liaison phosphate de l'ATP activée par Ca^{2+} donne un excès d'énergie de résonance de 51 kc, suffisant également à la promotion des électrons. Il semble donc que Ca^{2+} soit un activateur pour la synthèse d'une liaison carboxyl-phosphate alors que Mg^{2+}, s'il ne reçoit pas une énergie extérieure, soit un activateur de la dissociation de cette liaison.

Quand dans une molécule deux atomes voisins sont positifs, une dissociation de liaison π doit suffire à provoquer la rupture entre les deux atomes positifs. Réciproquement il faut fournir l'énergie nécessaire à la promotion des électrons π pour la synthèse.

(1) P. Siekevitz, H. Löw, L. Ernster et O. Lindberg, *Bioph. Bioch. Acta*, 29, 1958, p. 378.

(2) *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 722.

(3) A. L. Lehninger, *Rev. Mod. Phys.*, 31, 1959, p. 139.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les modifications de l'activité physiologique de la raubasine qui résultent de l'introduction d'un ou de deux méthoxyles dans la molécule de cet alcaloïde.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons découvert en 1936 (1) l'activité sympathicolytique de la Delta-yohimbine qu'on considérait alors comme un stéréo-isomère de la yohimbine, et, en 1938 (2), celle de l'aricine qu'on rangeait dans le groupe des alcaloïdes des quinquinas, c'est-à-dire des bases quinolylquinuclidiques.

Depuis lors, nous avons pu montrer : 1° que l'aricine est en réalité une base indolique (3); 2° que la Delta-yohimbine appartient (4) à ce groupe nouveau d'alcaloïdes que nous avions dû créer (5) pour pouvoir y placer la mayumbine, base découverte par nous dans le *Pseudocinchona mayumbensis* (Good) Raymond-Hamet; 3° qu'un des alcaloïdes du *Rauwolfia serpentina* Bentham, la raubasine, dont la constitution était jusqu'alors totalement inconnue, pouvait être rapproché chimiquement de notre mayumbine (6).

Faisant suite à nos travaux dont ils ont confirmé les conclusions : 1° Goutarel et ses collaborateurs (7) ont établi la formule de constitution de l'aricine; 2° Goutarel et Le Hir (8), puis Janot, Goutarel et Massoneau (9) ont montré que la mayumbine et la Delta-yohimbine — provenant, l'une et l'autre, de nos collections — sont des stéréo-isomères de la tétrahydro-alstonine dont Elderfield et Gray (10) ont établi la formule de constitution; 3° Hofmann (11) — a mis en évidence l'identité de la raubasine et de la Delta-yohimbine.

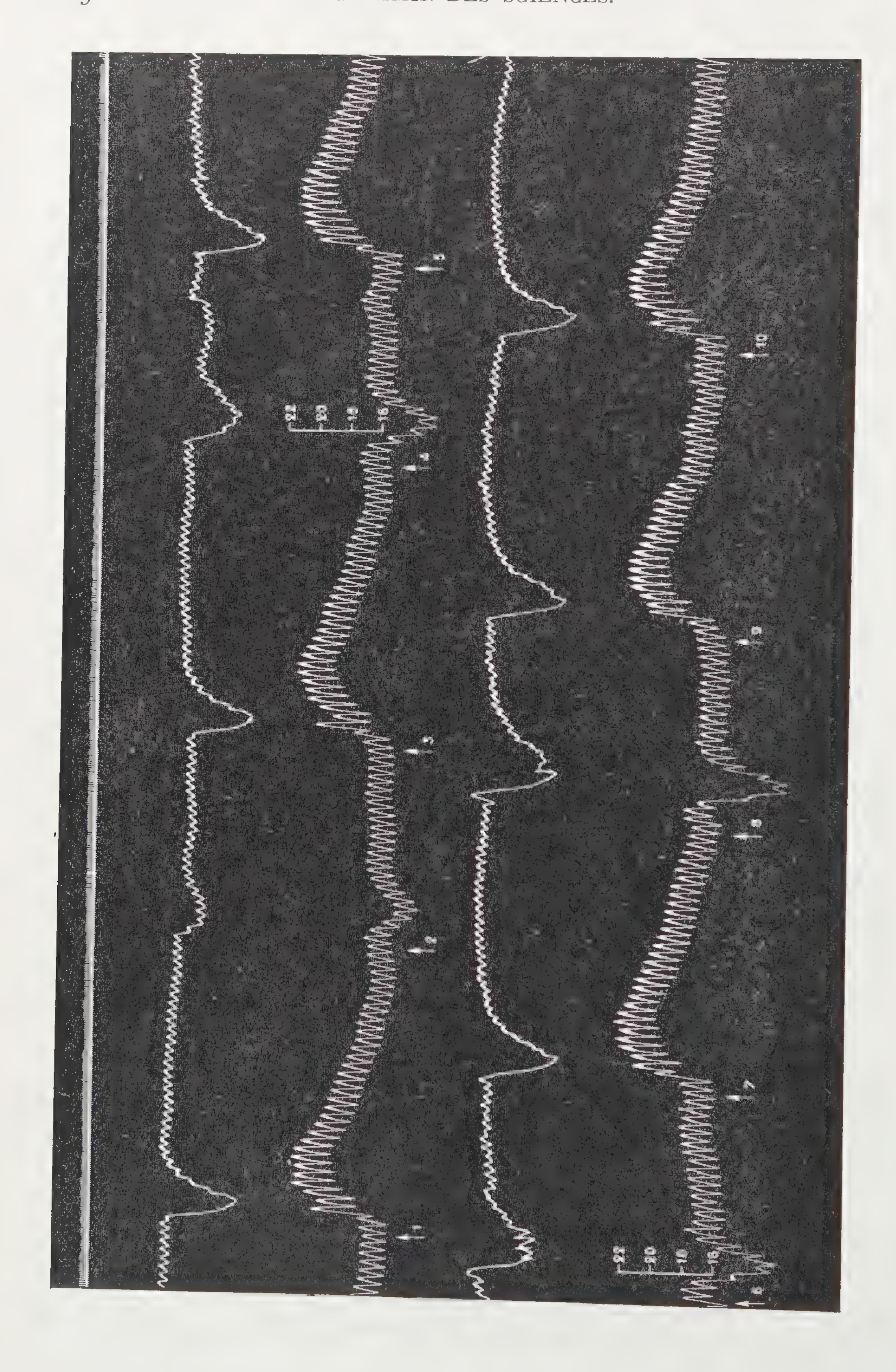
Raubasine

Aricine

Réserpinine

Réserpiline

De plus, de deux espèces de *Rauwolfia*, ont été isolés deux alcaloïdes nouveaux dont la formule de constitution a pu être établie par ceux-là même qui les avaient découverts; le premier extrait par Schlittler, Saner



LÉGENDE DE LA FIGURE.

Chien de 12 kg, anesthésié par le chloralose (12 cg/kg), bivagotomisé au cour et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e et 4e ligne : oncogramme; 3e et 5e lignes : tensiogramme carotidien. On a injecté dans la saphène, en 1, 3, 5, 7, 9 et 10, 0,008 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Hochst; en 2, 12 mg; en 4, 24 mg; en 6, 48 mg; enfin en 8, 96 mg de bioxalate de réserpiline préparé par Hofmann lui-même. Tracé réduit de moitié.

et Muller [12] du *Rauwolfia serpentina* Bentham a reçu le nom de réserpinine, le second trouvé par Stoll, Hofmann et Brunner dans le *Rauwolfia canescens* L. [13] a été désigné sous celui de réserpiline.

Puisque leurs formules de constitution que nous donnons ici révèlent que l'aricine, la réserpinine et la réserpiline ne sont que des dérivés mono- ou di-méthoxylés de la raubasine, il importait d'être fixé sur leur activité sympathicolytique relative. Nos essais nous ont appris que la dose sympathicolytique par kilogramme de chien, telle que nous l'avons caractérisée [14], est de 2,35 mg pour la raubasine et déjà de 37,5 mg pour l'aricine. Après 52 mg/kg de réserpinine, les effets hypertenseurs de l'adrénaline sont très fortement réduits mais ne sont ni inversés, ni supprimés. Quant à la réserpiline, nous avons pu en administrer une dose de 15 mg/kg sans que l'hypertension et la vaso-constriction adrénaliniques soient même diminués. Dans le tracé qui illustre cette Note, cette hypertension qui était initialement de 47 mm Hg a été finalement de 44 mm Hg.

Il est donc démontré — ce qui est d'un grand intérêt pharmacodynamique — que l'activité sympathicolytique de la raubasine est fortement diminuée par l'introduction dans sa molécule, d'un méthoxyle en 10; qu'elle l'est davantage par celle d'un méthoxyle en 11, enfin qu'elle l'est encore plus fortement par celle de deux méthoxyles, l'un en 10, l'autre en 11.

(1) Raymond-Hamet, *C. R., Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 1060.
(2) Raymonl-Hamet, *Bull. Acad. Méd.*, 3e série, 120, 1938, p, 35.
(3) Raymond-Hamet, *Compte rendu*, 221, 1945, p. 307.
(4) Raymond-Hamet, *Compte rendu*, 232, 1951, p. 2354.
(5) Raymond-Hamet et R. Goutarel, *Compte rendu*, 233, 1951, p. 431.
(6) Raymond-Hamet, *Compte rendu*, 238, 1954, p. 1338.
(7) R. Goutarel, M.-M. Janot, A. Le Hir, H. Corrodi et W. Prelog, *Helvet. Chim. Acta*, 37, 1954, p. 1805.
(8) R. Goutarel et A. Le Hir, *Bull. Soc. chim.*, 18, 1951, p. 909.
(9) M.-M. Janot, R. Goutarel et J. Massonneau, *Compte rendu*, 234, 1952, p. 850.
(10) R. C. Elderfield et A. P. Gray, *Journ. of org. chem.*, 16, 1951. p. 506.
(11) A. Hofmann, *Helvet. chim. Acta*, 37, 1954, p. 849.
(12) E. Schlittler, H. Saner et J.-M. Muller, *Experientia*, 10. 1954, p. 133.
(13) A. Stoll, A. Hofmann et R. Brunner, *Helvet. chim. Acta*, 38, 1955‘ p. 270.
(14) Raymond-Hamet, *Détermination du groupement chimique responsable de l'activité sympathicolytique de la Yohimbine* (*Thèse Dr. Sc.*, Paris).

A 15 h 20 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Après discussion l'Académie adopte le texte d'un nouveau vœu concernant la protection du massif forestier de Fontainebleau; une délégation composée de MM. **Roger Heim**, **Jacques Tréfouël**, **Philibert Guinier** et **Maurice Fontaine** le présentera à M. le Premier Ministre.

Le texte de ce vœu sera publié ultérieurement.

La séance est levée à 15 h 50 m.

L. B.

TABLE DES ARTICLES

N° 11.

Séance du 12 Septembre 1960.

DÉCÈS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS

CORRESPONDANCE, OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS

COMITÉ SECRET